

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Теплоенергетичний факультет
Кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів

«На правах рукопису»
УДК 681.51

«До захисту допущено»
В.о.завідувача кафедри
_____ / В.А.Волощук/
“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності ***151“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”***

на тему: Адаптивне регулювання системою опалення промислової будівлі

Виконав: студент VI курсу, групи ТО-81мп
Дишлюк Ростислав Миколайович
(прізвище ім’я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник старший викладач Штіфзон О.Й.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

(назва розділу)

_____ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

Факультет Теплоенергетичний
Кафедра Автоматизації теплоенергетичних процесів
Рівень вищої освіти – другий(магістерський) за освітньо-професійною програмою
Спеціальність 151“Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.завідувача кафедри

(підпис) _____ /В.А.ВОЛОЩУК/

“ “ _____ (ініціали, прізвище)
_____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту

Дишлюку Ростиславу Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема дисертації “Адаптивне регулювання системою опалення
промислової будівлі”

науковий керівник дисертації Штіфзон Олег Йосипович старший викладач
(прізвище, ім'я, по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «4» листопада 2019 р. № 3812-с

2. Термін подання студентом дисертації «10» грудня 2019 р.

3. Об’єкт дослідження Промислова будівля, склад

4. Предмет дослідження
Посібники, наукова література, технологічні дані з переддипломної практики

5. Перелік завдань, які потрібно розробити
реалізувати алгоритм для адаптації параметрів регулятора при зміні параметрів
об’єкта, при цьому не проводити переіндетифікацію об’єкта

6. Орієнтований перелік графічного (ілюстративного) матеріалу
Схема функціональна автоматизації; графічні ілюстрації до розрахункової частини; схема ПТКЗА

7. Орієнтований перелік публікацій
Тези на міжнародній науково-практичній конференції

8. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання " 04 " вересня 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Видача завдання	04.09.2018	
2	Вступ, характеристика об'єкту управління	15.10.2018	
3	Огляд та аналіз систем регулювання	24.11.2018	
4	Розрахунок надійності реалізації	14.01.2019	
5	Розробка структури ПТКЗА	23.03.2019	
6	Опис програмного-технічних рішень	19.04.2019	
7	Дослідна частина	22.06.2019	
8	Економіко-організаційна частина	13.09.2019	
9	Стартап-проект	17.10.2019	
10	Фіналізація роботи	20.11.2019	
11	Підпис керівника магістерської дисертації	06.12.2019	
12	Попередній захист магістерської дисертації	10.12.2019	
13	Захист	18.12.2019	

Студент

Дишлюк Р.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації

Штіфзон О.Й.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі вступу, 11 розділів, висновку, списку літератури та креслень. Проект виконаний в обсязі 88 сторінок, містить 48 рисунка, 18 таблиць, 1 креслення.

В першому розділі було розглянуто опис характеристики об'єкта управління. Об'єктом дослідження є склад який поділений на 3 зони, які регулюються незалежно одна від одної.

В другому розділі було розглянуто опис існуючих схем регулювання та вибір схеми регулювання і обґрунтування вибору.

В третьому розділі було розглянуто опис функцій систем регулювання, а саме: технологічний контроль, автоматичне регулювання, технологічна сигналізація та захист.

В четвертому, п'ятому та шостому розділі було розглянуто формулювання вимог до ПТКЗА, розробка структури ПТКЗА та розрахунок надійності реалізації. Система відповідає вимогам надійності.

В сьомому та восьмому розділі було розглянуто опис програмно-технічних рішень локального та супервізорного рівня ПТКЗА.

В дев'ятому розділі було досліджено як впливає використання алгоритму самоналаштування на систему. В результаті дослідження було виявлено, що перехідний процес з використання алгоритму мав кращі показники якості.

В десятому розділі був проведений економіко-організаційний розрахунок на окупність системи який показав що термін окупності складає проекту 2 роки 7 місяців.

В одинадцятому розділі був розроблений стартап на основі розробленого алгоритму самоналаштування, що представляє інтернет-сервіс для використання алгоритму.

ABSTRACT

The masters dissertation consists of an introduction, 11 chapters, a conclusion, a list of references and drawings. The project is executed in a volume of 88 pages, contains 48 drawings, 18 tables and 1 drawing.

The first chapter deals with the description of the control object characteristics. The object of study is a warehouse that is divided into 3 zones, which are regulated independently of one another.

In the second chapter, a description of the existing regulation schemes and the choice of the scheme of regulation and justification of the selection were reviewed.

The third chapter deals with the description of the functions of the control systems, namely: technological control, automatic regulation, technological signaling and protection.

The fourth, fifth and sixth chapters deal with the formulation of the requirements for the PTAA, the development of the Automation means complex structure, and the calculation of implementation reliability. The system meets the reliability requirements.

In the seventh and eighth chapters the description of the software and technical solutions of the local and supervisory level of the Automation means complex was reviewed.

Chapter 9 explores how the use of the self-tuning algorithm affects the system. The study found that the transition process using the algorithm had the best quality.

In the tenth chapter, an economic and organizational calculations for the payback of the system was carried out, which showed that the payback period of the project is 2 years and 7 months.

In the eleventh chapter, a startup was developed based on a developed self-tuning algorithm.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ТЕЦ - теплоелектроцентрально;

АСР - автоматична система регулювання;

ПЗ - програмне забезпечення;

ПТКЗА - програмно-технічного комплексу засобів автоматизації;

SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition;

ПК - персональний комп'ютер;

ВК - вимірювальний канал;

АФХ - амплітудо-фазова характеристика;

РАФХ - розширена амплітудо-фазова характеристика;

ПЛК – програмно-логічний контролер;

ССН - структурних схемах надійності;

АСУ ТП - автоматизована система керування технологічним процесом.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ	7
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ	17
2.1. Одноконтурна АСР температури	18
2.2. Каскадна АСР температури	19
3. ОПИС ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	22
3.1. Технологічний контроль.....	23
3.2. Автоматичне регулювання	26
3.3. Технологічна сигналізація та захист	27
4. ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ПТКЗА	28
5. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПТКЗА	32
6. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ ПТКЗА	37
7. ОПИС ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ ПТКЗА	42
8. ОПИС ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СУПЕРВІЗОРНОГО РІВНЯ ПТКЗА	44
9. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	46
10. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА	68
10.1. Визначення економічного ефекту від впровадження спроектованої АСУ.....	68
10.1.1. Визначення різниці приведених витрат нової АСР та базового варіанту.....	68
10.1.2. Визначення технологічного ефекту на об'єкті після впровадження спроектованої АСР.....	74
10.1.3. Розрахунок економічного ефекту від впровадження спроектованої АСР	77
11. РЕАЛІЗАЦІЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ	78
11.1 Резюме стартап – проекту	78
11.1.1 Організаційний план	79
11.2 Маркетинговий план.....	81
11.2.1 Опис ідеї проекту	81

11.2.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	82
11.3 Визначення цінових меж	83
11.4 Характеристика потенційних клієнтів	84
11.5 Фінансовий план	85
11.6 Юридичний план	87
11.7 Оцінка ризиків проекту	88
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	92
ДОДАТОК А.....	94

ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів приводить до підвищення продуктивності, якості, надійності та довговічності системи, а також приводить до знищення прямих витрат людської праці і економічних витрат.

За рівнем автоматизації теплоенергетика посідає одну з головних місць серед всіх галузей в промисловості. Установки в теплоенергетиці характеризуються безперервністю процесів, які протікають в них. При цьому генерація електричної енергії в будь-який момент часу повинна відповідати споживанню (навантаженню). Майже всі операції на теплоенергетичних установках є механізовані, а перехідні процеси в них розвиваються порівняно швидко. Цим порозумівається високий розвиток автоматизації в теплоенергетиці.

Метою даного дисертації є розробка адаптивної система регулювання опаленням промислової будівлі. Повітряне опалення, що суміщене з вентиляцією, створює в приміщенні досить задовільний мікроклімат і забезпечує сприятливі умови повітряного середовища.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Під опаленням розуміють систему забезпечення теплом будинків і споруд. Надійна робота систем опалення посідає велике значення, оскільки від неї значною мірою залежить створення умов для комфорту праці та проживання людей і оптимальних умов для різних технологічних процесів.

Системи теплопостачання поділяють на централізовані, децентралізовані і, як різновид децентралізованих, - місцеві системи.

У централізованих системах вироблення теплоти здійснюється в окремих джерелах (ТЕЦ або котелень), а подача теплоносія в системи опалення відбувається по спеціальних трубопроводах, званим тепловими мережами. Теплові мережі при цьому мають значні протяжність і діаметри, обладнані тепловими пунктами, насосними станціями, автоматикою і системою управління.

Система теплопостачання, яка не має розвинених теплових мереж, в якій джерело теплоти розташований безпосередньо поблизу об'єктів, які споживають теплоту, називається децентралізованою.

У сучасних містах теплопостачання різних споживачів здійснюється в основному від централізованих систем. Однак останнім часом у багатьох містах все більшого значення починає набувати теплопостачання об'єктів, що будуються на базі автономних джерел. Найбільший ефект застосування автономних джерел теплоти дає при будівництві об'єктів, що проводиться в порядку ущільнення існуючої забудови. Собівартість вироблюваної теплоти в них може бути в кілька разів нижче, ніж в централізованих системах.

Одними з основних і важливим параметрів регулювання для систем теплопостачання є: величина гідродинамічного тиску в точках теплової мережі; температура повітря в приміщеннях.

Температурний режим в приміщеннях визначається сукупним впливом зовнішніх впливів, що безперервно змінюються, і спрямованих на їхню компенсацію впливів регулювання.

Регулюючими впливами, які повинні забезпечити стабілізацію температурного режиму в приміщеннях у заданих границях або його зміну в часі по заданій установці, є температура й витрата теплоносія, що надходить у нагрівальні прилади, а також час його подачі.

Похідним параметром регулювання у системах теплопостачання є витрата теплоти, обумовлена температурами й витратою теплоносія. Зміна параметрів теплоносія відповідно до фактичної теплової потреби абонентів підвищує якість теплопостачання, зменшує витрати енергетичних ресурсів. Адекватне визначення потрібної і фактичної витрат теплоти сприяє можливостям максимальної економії енергетичних ресурсів, досягненню високих економічних показників у теплопостачанні.

В якості об'єкта автоматизації вибрана промислова будівля за адресом вулиця Майорського 13.

Сам об'єкт представляє собою склад, який розділений на 3 зони.

Таблиця 1. Характеристики зон

Номер зони	Температурний режим				Об'єм (м ³)	Наявність іншого джерела тепла (вікна)
	Літом		Взимку			
	Вдень	Вночі	Вдень	Вночі		
1	22-24	16-18	14-16	8-10	250	+
2	20-24	16-18	14-16	8-10	280	-
3	20-24	16-18	14-16	8-10	275	-

В першій зоні присутні вікна, тобто є додаткове джерело енергії в день – це сонячна енергія. При чому не завжди потрібно підтримувати тепло у всіх зонах, тобто в якийсь період коли зони не використовуються там не потрібно регулювати систему опалення.

Також є два режими регулювання, перший це нагрівання літом, а другий це охолодження взимку.

Загалом вся система поділена на секції:

- Секція нагрівання
- Секція фільтрації
- Вентиляторна секція
- Повітряний клапан
- Секція охолодження

Секція нагрівання являє собою водяний теплообмінник, виготовлений з мідних трубок (8 рядів) з алюмінієвими ребрами. Колектори виконані з мідних трубок. Вхідні та вихідні патрубки колектора мають зовнішню різьбу. Колектори обладнані додатковими патрубками для спускання води та відведення повітря.

Кожух теплообмінника має спеціальні транспортні утримувачі, що полегшують його демонтаж та транспортування.

Оребрення трубок теплообмінника виконано пластинчатими ребрами з кроком 4.0 мм. Це забезпечує високу теплопередачу при низькому аеродинамічному опорі теплообмінника.

На рис. 1.1 показана конструкція теплообмінника: 1 — сталевий кожух; 2,3 — вхідний та вихідний патрубки колектора з різьбою; 4 — мідні трубки з алюмінієвим пластинчатим оребренням.

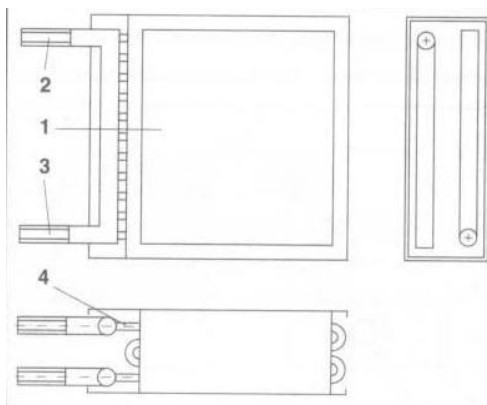


Рис. 1.1. Конструкція теплообмінника

Секція характеризується наступними параметрами:

- максимальна температура робочого середовища: $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- максимальний робочий тиск води: $1,6\text{ МПа}$;
- гідравлічний опір: $5\text{--}25\text{ кПа}$;
- проведено випробування на заводі при навантаженні: $2,1\text{ МПа}$.

Секція фільтрації

За необхідності забезпечення фільтрації підвищеної якості до компоновки центрального кондиціонера можуть бути включені дві секції — первинної та вторинної фільтрації.

В дисертації передбачено встановлення однієї секції — первинної фільтрації.

Повітряний фільтр являє собою обладнання для очистки припливного або витяжного повітря. Конструктивне рішення фільтра визначається характером пилу і бажаною чистотою повітря. За розмірами частин, що ефективно уловлюються, в європейських стандартах фільтри поділяють на три класи:

- фільтри грубої очистки;
- фільтри тонкої очистки;
- фільтри особливо тонкої очистки.

Фільтри грубої очистки затримують частини від 10 мкм і більше, при тонкій — 1 мкм і більше, при особливо тонкій — до 0.1 мкм. В залежності від ефективності очистки в кожному класі виділяють декілька типів фільтрів.

В секцію первинної фільтрації вмонтовані корзинчаті фільтри грубої очистки EU3 (рис. 1.2).

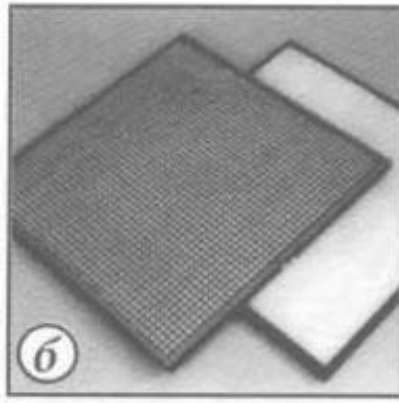


Рис. 1.2. Корзинчатий фільтр EU3

Корзинчатий фільтр зібраний з декількох фільтруючих елементів зі стандартними розмірами. Фільтруючі елементи закріплені в рамках за допомогою пружинних прихватів, що забезпечують герметичність, а також швидку і легку їх зміну.

Фільтруюча тканина виконана зі супертонких синтетичних волокон, не гігроскопічних, стійких до більшості органічних розчинників.

Фільтри можуть працювати при температурі до 60 °С.

Середнє значення ефективності фільтру, що вказує на відсоток затриманого пилу, для фільтрів класу EU3 складає 80-90%.

З метою поточного контролю забруднення фільтрів застосовані реле перепаду тиску DS 106-A виробництва S+S Regeltechnik, Німеччина з діапазоном 50–500 Па (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Реле перепаду тиску DS 106-A

При досягненні верхнього допустимого значення перепаду тиску (300 Па) реле сигналізує про необхідність заміни фільтра.

Вентиляторна секція

Вентиляторна секція призначена для забирання повітря до центрального кондиціонера та його подання до наступних секцій кондиціонера (рис. 1.4).

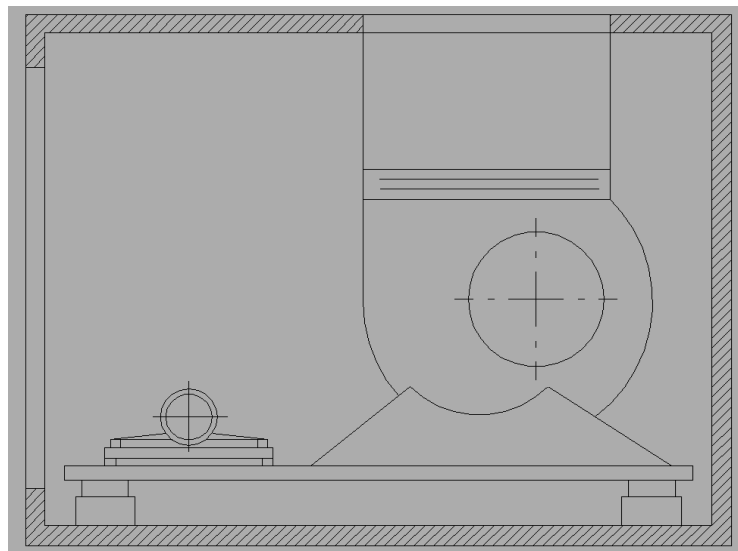


Рис. 1.4. Вентиляторна секція центрального кондиціонера

В центральному кондиціонері застосовуються радіальні вентилятори середнього тиску. Вентилятори характеризуються великим ККД.

Колесо вентилятора обертається електродвигуном через ремінну передачу. Шків закріплений на валах двигунів та вентиляторів за допомогою зажимної втулки, завдяки чому демонтаж здійснюється швидко і легко.

Вентилятор з двигуном та ремінною передачею розташований на загальній рамі всередині секції, утворюючи вентиляторну групу. Вся група монтується на гумових амортизаторах на салазках і пересувається по салазках всередині корпусу. Амортизатори демпфують коливання та запобігають передаванню шуму.

Продуктивність вентиляторної секції відповідає потужності центрального кондиціонера.

Вентиляторна секція характеризується наступними параметрами:

- максимальна температура роботи вентилятора: 85 °С;
- максимальна температура роботи двигуна: 40 °С;
- діапазон експлуатаційних температур: -30 °С...+80 °С.

Повітряний клапан

Регулювання кількості повітря, що потрапляє до центрального кондиціонера та видається з приміщення, здійснюється повітряними клапанами (рис. 1.5).

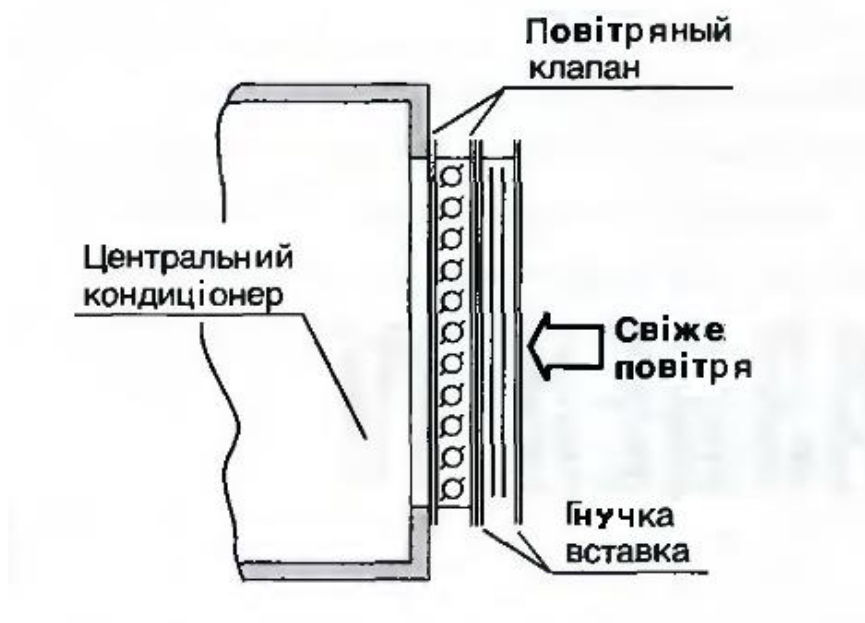


Рис. 1.5. Повітряний клапан на вході до кондиціонеру

Конструкція клапана багатостворчатая, з паралельно встановленими лопатками.

Регулювання здійснюється за допомогою електроприводу SM24A-MA, що встановлений на клапані (рис 1.6).



Рис. 1.6. Електропривід повітряної засувки SM24A-MA

Привід легко встановлюється на вал засувки за допомогою спеціального хомута.

Секція охолодження

Секція охолодження становить собою водяний теплообмінник-повітроохолоджувач, виготовлений з 8 мідних трубок з алюмінієвими ребрами. Робочим середовищем є охолоджена вода, що надходить від холодильної установки. Колектори виконані зі сталюї оцинкованої труби. Вхідні та вихідні патрубки колектора мають зовнішню різьбу. Колектори обладнані додатковими патрубками для спускання води та відведення повітря.

Кожух теплообмінника має спеціальні транспортні утримувачі, що полегшують його демонтаж та транспортування.

Оребрення трубок теплообмінника виконано пластинчатими ребрами з кроком 4.0 мм. Це забезпечує високу теплопередачу при низькому аеродинамічному опорі теплообмінника.

Стандартно на секцію охолодження встановлюється піддон для конденсатної води, зроблений з нержавіючої сталі і оснащений зливним патрубком, що виведений назовні. На рис. 1.3 показано водяний теплообмінник.

Секція характеризується наступними параметрами:

- максимальна температура робочого середовища: +3 °С;
- максимальний робочий тиск води: 1,6 МПа;
- гідравлічний опір: 5–30 кПа;
- проведено випробування на заводі при навантаженні: 2,1 МПа.

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ

Одна з найпоширеніших проблем з центральною системою опаленням полягає в тому, що розподіл температури всередині будівля неоднакова. Втрати тепла різняться із зовнішніми умовами і розподілені не рівномірно всередині будівлі. Через необхідність гарантування мінімальної комфортної температури в найхолодніших зонах будівлі, деякі зони стануть перегрітими.

Для вирішення проблеми рівномірно розподіляти тепло по всіх зонах будемо використовувати клапани розподілу тепла, тобто кожна зона буде незалежною. Споживання енергії мінімізоване включенням та відключенням опалення так, щоб підтримувати бажану внутрішню температуру лише в період потреби. Динамічна поведінка будівель у відповідь на фактори навколишнього середовища надзвичайно складні та важкі проаналізувати. Безліч нелінійних та часових змін мають місце, роблячи застосування адаптивного контролю методи розумного вибору. Нехтуємо стосунками між зона, тільки незалежний контроль кожної зони буде вважатись.

Перед тим як зону вступить в дію, тобто перед її експлуатацією, потрібно зробити підігрів зони. Підігрів зони буде залежить від наступних факторів:

- Теплових характеристик зони
- Від кількості тепла, що вже знаходиться в зоні

Початок роботи буде залежать від точної оцінки часу передгріву. Переоцінка призведе до непотрібного витрачання енергії, в той час як недооцінка призведе до втрати комфортних умов на початку експлуатації.

Задачею регулювання є підтримання необхідної комфортної температури повітря. Регулювання температури виконується шляхом зміни положення клапана повітрянагрівача в зворотній лінії теплоносія.

Повітронагрівач може бути двох типів:

- водяний;
- електричний.

Водяний повітронагрівач являє собою теплообмінник, виготовлений з мідних трубок (8 рядів) з алюмінієвими ребрами. В якості робочого середовища використовується вода. Колектори виконані з мідних трубок. Вхідні та вихідні патрубки колектора мають зовнішню різьбу. Колектори обладнані додатковими патрубками для спуска води та відведення повітря.

Оребрення трубок теплообмінника виконано пластинчатими ребрами з кроком 4.0 мм. Це забезпечує високу теплопередачу при низькому аеродинамічному опорі теплообмінника.

Електричні нагрівачі виконані у формі прямокутного паралелепіпеда з встановленими у корпусі нагрівальними елементами у вигляді спіралі чи ТЕНів.

Як було зазначено вище, в даному проекті передбачено встановлення водяних повітронагрівачів.

2.1. Одноконтурна АСР температури

Ділянкою регулювання є теплообмінник (повітронагрівач). Необхідно підтримувати задану температуру повітря $t_{\text{п}} = t_{\text{п}}^*$. Схема ділянки регулювання зображена на рис. 2.1.

Вхідною та вихідною величинами ділянки регулювання являються відповідно температури повітря до та після теплообмінника. Регулюючою дією являється витрата теплоносія (води) $D_{\text{в}}$.

Така схема регулювання застосовується досить часто, так як забезпечує достатню якість регулювання та швидкодію та менші витрати на придбання та монтаж порівняно з каскадною схемою.

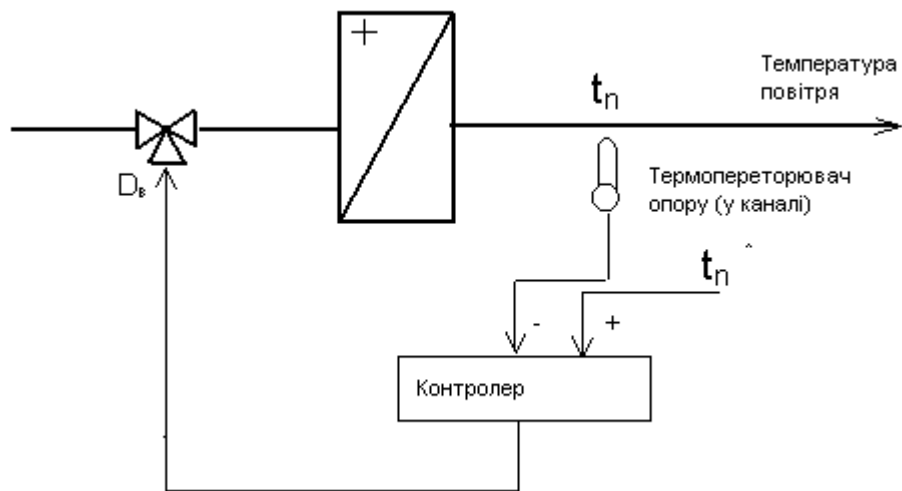


Рис. 2.1. Одноконтурна АСР температури

2.2. Каскадна АСР температури

Основною відмінністю каскадної АСР температури від одноконтурної є те, що об'єкт $W_{об}$ розділений на дві частини – швидкісну $W_{шв}$ і інерційну $W_{ін}$ (рис 2.2.). Параметром із проміжної точки об'єкту є параметр Z . Стала часу швидкісного об'єкту складає десятки секунд, інерційного — сотні секунд. Внаслідок цього, проміжний параметр Z (температура в каналі) значно швидше реагує на збурення із сторони РО, ніж регульований параметр y (температура в приміщенні). Канал передачі дії із проміжного параметру Z є додатковим інформаційним, так як параметр Z вимірюється.

Система має два регулятори — стабілізуючий (внутрішній, допоміжний) $W_{ст}$ та корегуючий $W_{кор}$. Корегуючий регулятор стабілізує на заданні регульований параметр y , тому він і називається головним. Цей регулятор змінює, тобто корегує завдання, стабілізуючому регулятору. Таким чином, корегуючий і стабілізуючий регулятори з'єднані каскадно. Стабілізуючий регулятор підтримує на заданому рівні проміжний параметр Z .

Зворотній зв'язок для головного регулятора називається головним Г.З.З., а для допоміжного — місцевим М.З.З.

В рамках даного проекту буде розроблена каскадна АСР.

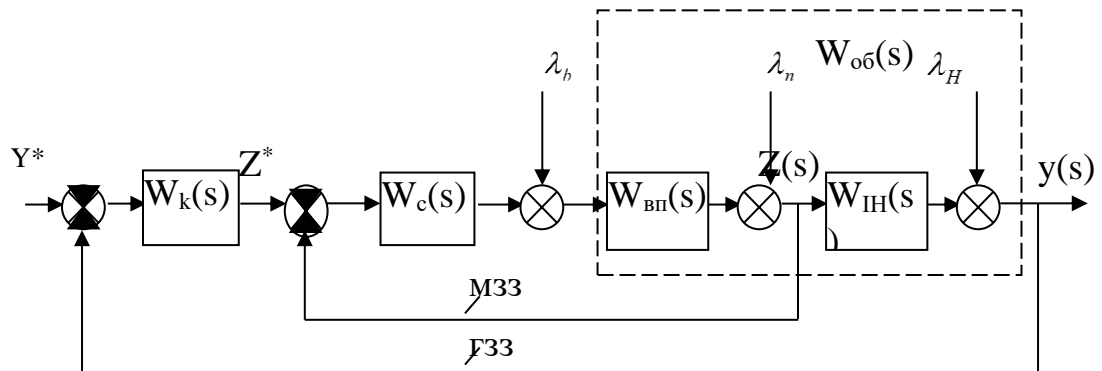


Рис. 2.2. Каскадна АСР температури

де, $W_k(s)$ — передавальна функція коригуючого регулятора;

$W_c(s)$ — передавальна функція стабілізуючого регулятора;

$W_{вп}(s)$ — передавальна функція випереджаючої частини об'єкта управління $W_{об}(s)$;

$W_{ін}(s)$ — передавальна функція інерційної частини об'єкта управління $W_{об}(s)$

Каскадна система не підходить для використання, так як потрібно незалежно регулювати в декількох приміщеннях. Через це розбиваємо систему на послідовного з'єднанні одноконтурні системи (рис.2.3).

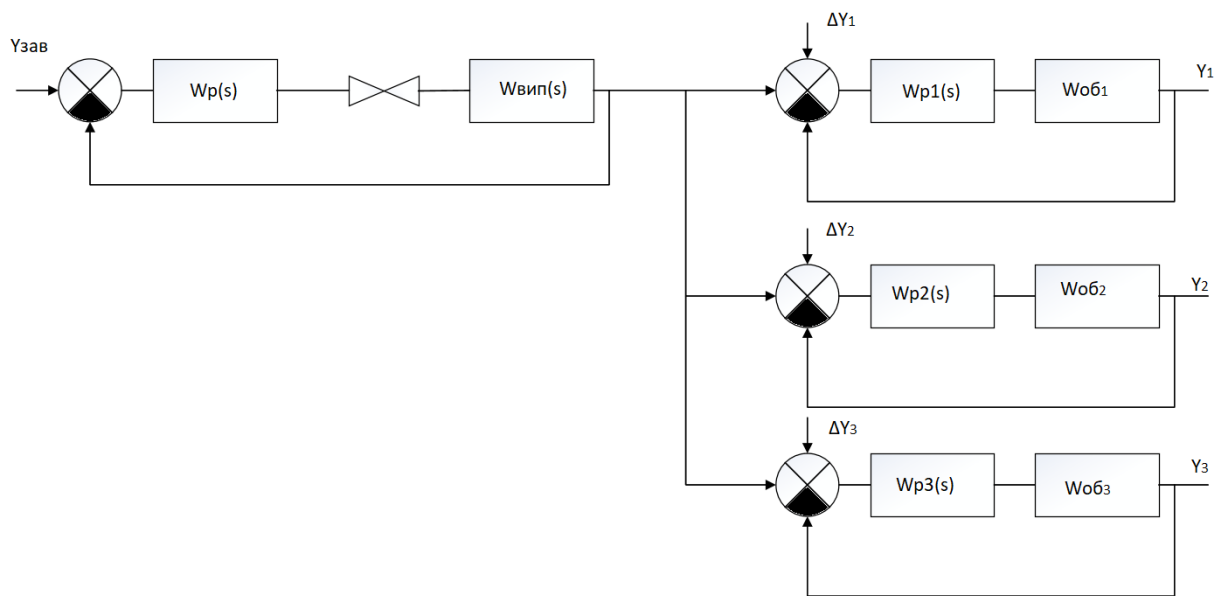


Рис. 2.3. Послідовно з'єднані одноконтурні системи

3. ОПИС ФУНКЦІЙ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Повітря в житлових приміщеннях має низьку вологість. Це пояснюється не тільки вологістю повітря, що надходить в приміщення ззовні, але й матеріалами, з яких виконані меблі кімнати, що поглинають вологу.

Також, через певний час за деяких умов концентрація вуглекислого газу може перевищувати дозволені норми.

Отже, щоб сприяти нормальним умовам проживання в кімнаті необхідно повітря попередньо зволожувати, а також змінювати його кількість, що надходить до кімнати, попередньо нагрівши або охолодивши його до потрібної температури.

При розробці системи автоматичного регулювання за ціль ставиться:

- забезпечення зменшення чисельності обслуговуючого персоналу;
- зміна характеру та полегшення праці обслуговуючого персоналу;
- підвищення безпеки праці та надійності роботи обладнання.

Автоматизація процесу підготовки повітря перед його подачею в приміщення включає в себе автоматичне регулювання, технологічний контроль, технологічну сигналізацію, технологічний захист та блокування.

3.1. Технологічний контроль

Технологічний контроль за роботою установки здійснюється за допомогою програмно електронно-обчислювальна машина, на якій встановлено ПЗ, що зв'язано з контролером. За допомогою даного ПЗ (SCADA-система) можна відображати поточні значення параметрів процесу, вести журнал аварій та архівувати дані процесу.

Даним проектом передбачено проводити технологічний контроль наступних параметрів:

- температура зовнішнього повітря;
- вологість зовнішнього повітря;
- робота вентиляторів;
- засміченість фільтрів;
- значення температури за гарячим теплообмінником;
- температура припливного повітря;
- вологість припливного повітря;
- концентрація вуглекислого газу в припливному повітрі;
- процент відкриття повітряних заслінок;
- процент відкриття клапанів тепло- та холодоносіїв;
- витрата витяжного та припливного повітря;
- температура повітря в приміщеннях;
- вологість повітря в приміщеннях;
- концентрація вуглекислого газу в приміщеннях.

Температура та вологість зовнішнього, припливного повітря і повітря в приміщеннях вимірюються датчиками температури АТМ 2-І (поз. 1а, 8а, 12а, 15а, 18а) та відносної вологості RPFF-25-І (поз. 2а, 9а, 13а, 16а, 19а) з уніфікованими виходами (4...20) мА. Діапазон виміру температури

складає $-50...+50^{\circ}\text{C}$, вологості — $0...100\%$. На рис. 3.1.1 та 3.1.2 показані дані датчики.

Робота вентиляторів (поз. 6а, 21а) та засміченість фільтрів (поз. 3а, 20а) контролюються за допомогою сигналізаторів перепаду тиску DS 106-А. Діапазон перепаду регулюється в межах $50...500$ Па. Зовнішній вигляд реле перепаду тиску показано на рис. 1.5.



Рис. 3.1.1. та рис. 3.1.2. Датчики температури та відносної вологості

Інтегральне значення температури за гарячим теплообмінником (поз. 4а) контролюється термостатом захисту водяних калориферів від заморожування FS2-U, що показаний на рис. 3.2. Діапазон виміру температури $-18...+13^{\circ}\text{C}$.



Рис. 3.2. Термостатом захисту водяних калориферів від
заморожування

Витрата повітря після припливного та витяжного вентиляторів вимірюється за допомогою датчиків DPT Flow-1000 (поз. 7а, 23а), що зображені на рис. 3.3 та регулюється за допомогою частотних перетворювачів 302 L4TXA (поз. 5а, 22а), зображених на рис. 3.4 і вентиляторів.



Рис. 3.3. Датчик витрати повітря



Рис. 3.4. Частотний перетворювач

Електроприводи, що використовуються на повітряних заслінках, мають потенціометр і за допомогою сигналу 0...10В можна побачити процент відкриття заслінки.

3.2. Автоматичне регулювання

Автоматизована система повинна підтримувати температуру, вологість і витрату повітря, що подається у приміщення, на заданому рівні, а також контролювати концентрацію вуглекислого газу. Припливне повітря повинно мати температуру 24 °С та відносну вологість не менше 50%. Для цього, система здійснює управління вентиляторами, заслінками, триходовими клапанами теплообмінників, роботою насосів, роботою зволожувача повітря.

Система працює в декількох режимах — «Зима/Літо/Авто».

У режимі «Зима» система виконує наступні функції:

- включає попередній прогрів гарячого калориферу, тобто відкриває клапан на 100% і вмикає циркуляційний насос;
- після попереднього прогріву дає команду на запуск припливного і витяжного вентиляторів, відкриття повітряних заслінок.
- запуск контуру регулювання температури і вологості проводиться при підвищеному значенні завдання з його поступовим зниження до заданого;

У режимі «Літо»:

- дає команду на запуск припливного і витяжного вентиляторів та відкриття заслінок;
- в залежності від температури зовнішнього повітря вмикається контур нагріву або охолодження і відповідний циркуляційний насос;
- по датчику температури припливного повітря і повітря в приміщенні контролер регулює її.

У режимі «Авто» та решта функцій режимів «Зима/Літо»:

- регуляція відбувається по температурі навколишнього середовища;
- проводиться контроль роботи вентиляторів і засмічення фільтрів;
- працює захист теплообмінника від заморожування;
- система відслідковує сигнал від системи пожежної безпеки.

При спрацюванні термостату захисту теплообмінника від заморожування контролер вимикає вентилятори, закриває припливну заслінку, відкриває клапан гарячого калориферу на 100 % і включає циркуляційний насос на ньому. Через дві хвилини аварія знімається і система переходить в режим «Увімкнути».

При аварії вентиляторів або ж пожежі система вимикається, тобто, закриваються заслінки, вимикаються вентилятори і зволожувач, закриваються клапани теплообмінників.

3.3. Технологічна сигналізація та захист

Сигналізація призначена для оповіщення персоналу про порушення технологічних процесів, встановлених режимів роботи обладнання тощо. Для оповіщення персоналу проектом передбачено застосування сигнальних ламп, які розташовані на щиті автоматики. Під кожною лампою знаходиться підпис, що вказує на причину появи сигналу. Сигнали в систему технологічної сигналізації надходять від приладів, встановлених за місцем.

На дверях щита розміщені світлодіодні індикатори, під якими є надписи, що пояснюють їх вмикання.

Під зеленим індикатором HL1 такий надпис: «Робота установки. Під жовтим індикатором HL2 надпис такий: «Попередження». Під червоним індикатором HL2 надпис такий: «Аварійний режим». Для зняття аварії необхідно в SCADA-системі визначити її причину та виправити її.

4. ФОРМУЛЮВАННЯ ВИМОГ ДО ПТКЗА

Вимоги, які висуваються до ПТКЗА:

1. Відповідність державним та міжнародним стандартам:

- Програмовані логічні контролери та супутнє обладнання повинні відповідати вимогам державного стандарту ДСТУ 4108-2002 «Контролери програмовані. Частина 2. Вимоги до обладнання та випробування», міжнародним аналогом якого є стандарт ІЕС 61131-2. Дані стандарти визначають вимоги щодо обслуговування, експлуатації, зберігання ПЛК та супутнього обладнання, а також вимоги щодо безпеки;

- Обладнання, що входить до складу вимірювальних каналів та каналів керування повинне відповідати вимогам стандарту ІЕС 60654-1-2001 «Обладнання для вимірювання та керування в промислових процесах. Умови експлуатації. Частина 1. Кліматичні умови» та ІЕС 60654-2-2001 «Обладнання для вимірювання та керування в промислових процесах. Умови експлуатації»;

- Технічні засоби в складі ПТКЗА повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ 3451-96 «Технічні засоби для розподілення автоматизованих систем керування технологічними процесами. Загальні вимоги до спряження виробів»;

- Мови програмування ПЛК повинні відповідати вимогам стандарту ІЕС 61131-3;

- ПТКЗА повинен відповідати вимогам стандарту ДСТУ 3481-96 «Локальна мережа введення - виведення для розподілених автоматизованих систем керування. Загальні технічні вимоги»;

- Використання інструментального ПЗ (LCADA- конфігуратора), що відповідає вимогам стандарту ІЕС-61131.

2. Вимоги щодо реалізації функцій автоматизації.

Реалізація функцій автоматизації здійснюється за допомогою приладів вимірювання технологічних параметрів, контролерної техніки, що отримує сигнали від вимірювальних приладів і на основі отриманої інформації формує керуючу дію, яка виконується за допомогою виконавчих механізмів. В основі нижнього рівня необхідно обрати надійний вільно програмований контролер, за допомогою якого можна реалізувати необхідні закони керування. Також висуваються вимоги до можливостей "нارощування" системи, а саме – можливості збільшення кількості входів/виходів, розрахункових можливостей. Можливість підключення контролера до ПК оператора.

На інформаційні канали встановлено похибки вимірювання для всіх зон буде $+1^{\circ}\text{C}$.

Для реалізації функцій верхнього рівня необхідно реалізувати SCADA-систему, за допомогою якої можна відслідковувати значення всіх технологічних параметрів та їх зміну в часі. В SCADA-системі повинні відображатися повідомлення про аварійні ситуації, технологічна сигналізація та повинна бути база даних для архівації значень технологічних параметрів, сигналізації, аварій.

3. Забезпечення показників якості регулювання.

У розробленій системі реалізовано три контури регулювання для яких ставляться потрібно дотримати температуру на заданому рівні, без перегулювання.

4. Вимоги щодо ведення архіву та форми звітності.

Повинна здійснюватися архівація значень усіх технологічних параметрів, а також інформація про спрацювання технологічної сигналізації, аварійної сигналізації, спрацювання захистів та блокування.

Значення технологічних параметрів, а також параметри які необхідні для звіту, наприклад кількість витраченої енергії повинні фіксуватися до архіву кожну 1 хвилину. Дані щодо спрацювання сигналізації, захистів та блокування повинні вноситися одразу після спрацювання для повідомлення відповідних осіб. При спрацюванні сигналізації, захистів та блокування повинно записуватися дата та час і описання щодо відповідній події.

5. Вимоги щодо своєчасного оповіщення персоналу про нештатні ситуації.

Після виникнення нештатних ситуацій повинне здійснюватися одразу і повідомити про це безпосередньо оператора за допомогою SCADA-системи, де оператор виконує відповідні інструкції. Після припинення ситуації процес переходить в автоматичний режим.

6. Вимоги щодо відображення інформації про хід технологічного процесу.

Інформація про хід технологічного процесу повинна відображатись у вікні мнемосхеми на SCADA-системі, де повинне відображатись технологічне обладнання, значення усіх технологічних параметрів. В реальному часі повинні відображатись графіки зміни технологічних параметрів, а також графіки історичних значень технологічних параметрів.

7. Вимоги щодо надійності системи автоматизації.

Вимоги до захисної функції більш жорсткі ніж до інформаційної та керуючої. При цьому працездатність захисної функції має бути забезпечена в момент аварій, а між аваріями її відмови не впливають на працездатність системи. Захисна функція характеризується $T_{сер}$, коефіцієнтом готовності $K_{гот}$ або ймовірністю безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі $P_{оч}$. Рівень надійності виконання функцій АСК повинен відповідати наступним вимогам:

- Середнє напрацювання на відмову для усіх функцій $T_{\text{сер}} > 1000$ год;
- Середній час відновлення для керуючої функції $T_{\text{в}} > 4$ год;
- Коефіцієнт готовності для захисної функції $K_{\text{гот}} > 0.998$.

5. РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПТКЗА

Дана АСУ є дворівневою. Верхній рівень – супервізорного управління, нижній рівень – локального управління та збору інформації. Локальна система управління реалізовується на базі ПЛК. За вимогами до ПТКЗА необхідно передбачити можливість розширення системи.

Розглянемо порівняльну характеристику контролерів різних виробників, яка наведена у таблиці 6.1.

Таблиця 0.1 Порівняльна характеристика контролерів

Контролер	Входи	Виходи	Інтерфейс/ протокол обміну	Програмне забезпечення	Ціна, грн
Siemens S7-1500 CPU 1515 77 766 грн.	Модуль аналогового вводу SM 531 8 AI – 4 шт, 12 000 грн, (48 000 грн)	Модуль аналогового виводу SM 532 3 шт - 4 АО – 16 972 грн. (50916)	ETHERNET/PR OFINET	Simatic Step7 Professional 78630 грн. WinCC v.14 Professional 89520 грн	368 192 грн.
	Модуль дискретного вводу SM 521 – 1 шт, 16 DI, 6 615 грн,	Модуль дискретного виводу SM 522 - 1 шт, 16 DO, 6 375 грн,			
	Разом: 54 615	Разом: 33 347 грн		Разом: 168 520 грн	

Продовження таблиці 6.1

Schneider Electric Modicon Quantum 140 CPU 671 61 185 547 грн.	Модуль аналогового вводу 140-ARI- 030-10 1шт-8 pt100 33300 грн., Модуль аналогового вводу 140-AVI- 030-10 4шт – 8 AI 23 343 грн., (126 672 грн)	Модуль аналогового виводу 140- ACO-020-00 1 шт – 8 АО – 22 216 грн	ETHERNET/T CP, Modbus /TCP	Unity Pro software 61250 грн	429 513 грн.
	Модуль дискретного вводу 140-DDI- 841-10 1 шт – 16 DI – 15 500 грн.	Модуль дискретного виводу 140-DDO-885- 00 1 шт – 4 АО – 18 000 грн			
	Разом: 142 500 грн	Разом: 40 216 грн			

Продовження таблиці 6.1

Allen Bradley 1785 PLC-5/40 – 1 шт. 137 092 грн.	Модуль вводу- виводу аналогових сигналів 1771- AI/AO - 1 шт. 8 – AI, 6 – RTD, 4 – AO 38 410 грн. Модуль вводу аналогових сигналів 1771- AI - 2 шт 4 – AI, 24 400 грн. (81 220 грн.)	Враховано у стовпчику «Входи»	ETHERNET/ MODBUS TCP	RSLogix5 і RSNetWorx 161 893 грн	401 395 грн.
	Дискретні модулі вводу 1771 - 6 DI 1 шт. 19 800 грн	Дискретні модулі виводу 1771 6 DO. 1 шт. 19 800 грн			
	Разом: 71 610 грн	Разом: 19 800 грн			

Враховуючи наведену порівняльну характеристику, для проектування автоматизованої системи керування парогенератором ПГВ-1000 обирається

контролер Siemens S7-1500 з центральним процесорним модулем CPU 1515. За технічними характеристиками дана модель забезпечить надійне функціонування, швидке та точне виконання всіх запитів до системи. При цьому вартість даного контролеру разом із модулями розширення є нижчою, ніж вартість контролерів марки Schneider Electric та Allen Bradley, зі схожими характеристиками. Хоча вартість ліцензії для програмного забезпечення Siemens є більшою у порівнянні такою ліцензією Schneider Electric, варто зазначити, що не дивлячись на це, загальна вартість апаратних та програмних засобів у фірми Siemens виявилась найнижчою серед розглянутих варіантів.

Також модульна структура контролера дозволяє при виході з ладу одного з модулів розширення замінити його на аналогічний. До переваг даного контролера також можна віднести наявність симулятора, що дозволяє розробляти програмне забезпечення без необхідності знаходитись поруч з контролером.

Технічні характеристики обраного контролера Siemens S7-1500 CPU 1515:

- Робоча пам'ять - 500 Кбайт;
- Інтерфейс/протокол обміну: Ethernet/ Profinet (2);
- Споживана потужність $P = 6,2$ Вт;
- Напруга живлення $U_{\text{жив}} = 24$ В DC;
- ЦПУ час виконання

○ логічних операцій	30 нс
○ операцій зі словами	36 нс
○ математичних операцій з фіксованою точкою	48 нс
○ математичних операцій з плаваючою точкою	192 нс

Для розширення точок входу та виходу контролера використовуються наступні модулі розширення: 4 модулі аналогового вводу SM 531 6ES7531-7KF00-0AB0, 3 модулі аналогового виводу SM 532 6ES7532-5HD00-0AB0 та по модулю на дискретні входи і виходи SM 521 6ES7 521-2BH00-0AA0 та SM 522 6ES7 521-2BH00-0AA0.

До робочої станції контролер під'єднується за допомогою інтерфейсу Ethernet за протоколом обміну Profinet.

6. РОЗРАХУНОК НАДІЙНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ ІТКЗА

Розрахунок надійності функціонування системи полягає у визначенні надійності інформаційної, регулюючої, керуючої та захисної функції, порівнянні його із заданим. У разі, коли значення розрахованого показника нижче за заданий, то використовується резервування найменш надійних ланок контуру регулювання. Показником надійності інформаційної функції є середнє напрацювання на відказ $T_{\text{сер}}$, або безвідмовної роботи P_v . Вимоги для надійності є достатньо жорсткими, так як при відмові інформаційної функції інформація повністю втрачається.

Більш жорсткі вимоги висуваються до регулюючої функції, тому її надійність характеризується середнім напрацюванням на відмову $T_{\text{сер}}$, середнім часом відновлення T_v та ймовірністю безвідмовної роботи за час τ з урахуванням відновлення функції $P_c(\tau)$.

Вимоги до захисної функції більш жорсткі ніж до інформаційної та регулюючої. При цьому працездатність захисної функції повинна бути забезпечена в момент аварії, а в проміжках між аваріями її відмови не впливають на працездатність системи в цілому. Захисна функція характеризується середнім напрацюванням на відмову $T_{\text{сер}}$, коефіцієнтом готовності $K_{\text{гот}}$ або ймовірністю безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі $P_{\text{оч}}$.

Нижче на рисунку представлена структурна схема надійності (ССН) функцій, що входять до розглянутої АСР.

Використовуємо послідовний спосіб з'єднання елементів ССН, і, якщо якийсь з них не буде задовольняти вимогам по надійності, проведемо його резервування.

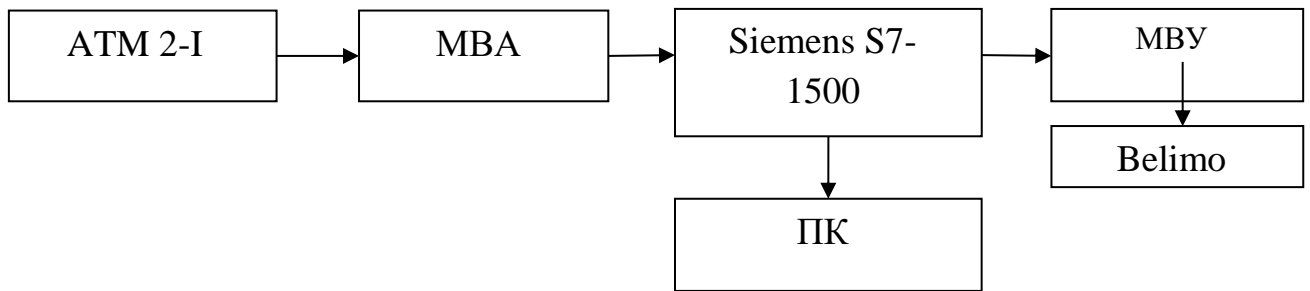


Рис. 6.1. Структурна схема надійності реалізації функцій АСР

Як видно, дана структура виконує функції виміру та регулювання, тому розрахунок надійності розраховуємо для обох функцій.

Нижче у таблиці 6.1 наведені дані по надійності окремих елементів, що складають структурні схеми надійності, а саме $\lambda = \frac{1}{T_{сер}}, [1/год]$ - інтенсивність відмов.

Таблиця 4.10

Елемент ССН	$\lambda \cdot 10^6, 1/год$
Siemens S7-1500	0,01
ПК	0,01
MBA	0,01
MBY	0,01
ATM 2-I	5
Belimo	3

Показники надійності, розраховані вище, задовольняють вимогам, більш того, має місце значний запас надійності реалізації функцій

Найменш жорсткі вимоги висуваються до інформаційної функції. Тому надійність виконання цієї функції характеризується середнім часом

напрацювання на відмову $T_{сер}$, загальною інтенсивністю відмов та ймовірністю безвідмовної роботи за час τ для кожної функції АСР.

Середній час напрацювання на відмову $T_{сер}$ розраховується за формулою:

$$T_{сер} = \frac{1}{\lambda} \quad (7.1)$$

де λ – загальна інтенсивність відмов ССН інформаційної функції.

Загальна інтенсивність відмов ССН розраховується за формулою:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (7.2)$$

де λ_i – інтенсивність відмов для i -го елементу ССН інформаційної функції;

n – кількість елементів у ССН.

Ймовірність безвідмовної роботи за час τ розраховується за формулою:

$$P(\tau) = e^{-\lambda\tau} = e^{-\frac{\tau}{T_{сер}}} \quad (7.3)$$

де P – ймовірність безвідмовної роботи за час τ ;

λ – загальна інтенсивність відмов.

Більш жорстокі вимоги висуваються до регулюючої функції. Тому її надійність характеризується середнім часом напрацювання на відмову $T_{сер}$. Для керуючої функції розраховується ймовірність безвідмовної роботи за час τ $P_c(\tau)$ з урахуванням відновлення $P_B(\tau)$ за формулою (4.7).

$$P_c(\tau) = P(\tau) + [1 - P(\tau)] \cdot P_B(\tau) \quad (7.4)$$

Ймовірність відновлення працездатності:

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-\frac{T_{доп}}{T_B}} \quad (7.5)$$

$T_{доп}$ – допустимий час функціонування об’єкта при невиконанні регулюючої функції АСК ТП.

Найбільш жорсткі вимоги висуваються до захисної функції. Надійність виконання захисної функції характеризується коефіцієнтом готовності $K_{гот}$, який розраховується за формулою (4.9) та ймовірності безвідмовної роботи при виконанні очікуваної задачі $P_{оч}(\tau)$, який розраховується за формулою (4.10).

$$K_{гот} = \frac{T_{сер}}{T_{сер} + T_B} \quad (7.6)$$

$$P_{оч}(\tau) = K_{гот} * P(\tau) \quad (7.7)$$

Розрахуємо параметри надійності для кожної функції САР.

1. Інформаційна функція:

Середнє напрацювання на відмову $T_{сер}$:

$$T_{сер} = \frac{1}{(5 + 0.01 + 0.01 + 0.01) \cdot 10^{-6}} = 198807 \text{ годин.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи $P(\tau)$:

$$P(\tau) = e^{-\frac{720}{198807}} = 0.996.$$

Для інформаційної функції маємо:

$$T_{сер} = 198807 \text{ годин; } P(\tau) = 0.996$$

2. Керуюча функція:

Середнє напрацювання на відмову $T_{сер}$:

$$T_{сер} = \frac{1}{(5 + 0.01 + 0.01 + 0.01 + 3) \cdot 10^{-6}} = 124533 \text{ години.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи $P(\tau)$:

$$P(\tau) = e^{-\frac{720}{124533}} = 0,994$$

Імовірність відновлення працездатності $P_B(\tau)$:

$$P_B(\tau) = 1 - e^{-\frac{1}{3}} = 0,283$$

Імовірність безвідмовної роботи за час τ з урахуванням відновлення $P_c(\tau)$:

$$P_c(\tau) = 0,994 + (1 - 0,994) \cdot 0,283 = 0,996$$

Для регулюючої функції маємо:

$$T_{cp} = 124533 \text{ години}; P(\tau) = 0,994; P_c(\tau) = 0,996.$$

Виходячи з результатів розрахунку, робимо висновок, що показники надійності задовольняють вимогам. Більш того, має місце запас надійності реалізації функцій. З розрахунків отримуємо нерівність $P_c(\tau) > P(\tau)$. Це вказує на те, що інформаційна функція є надійнішою ніж регулююча, що відповідає вимогам надійності.

7. ОПИС ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЛОКАЛЬНОГО РІВНЯ ПТКЗА

Порядок програмування контролера та обмін даними з верхнім рівнем автоматизації

Основою нижнього рівня системи автоматизації є контролер Siemens S7-1500. Для програмування контролера використовується система програмування TIA Portal V15.

Програмування контролера здійснюється наступними етапами:

1. Запуск TIA Portal та створення нового проекту

Необхідно відкрити програму TIA Portal V15 та обрати пункт меню «Create new project». Після вибору назви проекту та місця його розташування необхідно додати конфігурацію пристрою. Для цього необхідно обрати пункт меню «Configure a device», потім «Add new device». Із запропонованих варіантів обрати потрібний контролер, додати до нього необхідні модулі вводу/виводу та відконфігурувати адреси їх входів та виходів.

2. Реалізація необхідних функцій із використанням стандартних засобів та бібліотек.

3. Завантаження та відладка програми

Для відладки програми без контролера можна скористуватись вбудованим симулятором. Для цього на панелі інструментів необхідно обрати пункт «Start simulation». Для завантаження програми до контролера необхідно обрати пункт «Download to device» на панелі інструментів, знайти необхідний контролер та завантажити на нього програму.

Реалізація функцій нижнього рівня системи автоматизації

ПТКЗА локального рівня повинно реалізовувати систему регулювання з використанням ПІ та ПІД алгоритмів управління. Основні сигнали

порівнюється з сигналами задавачів. Керуючі сигнали надходять через модулі аналогового, дискретного виводу до виконавчих механізмів.

8. ОПИС ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СУПЕРВІЗОРНОГО РІВНЯ ПТКЗА

Порядок створення SCADA-програми, взаємодія з нижнім рівнем автоматизації

Основою супервізорного рівня системи автоматизації є SCADA-система. SCADA-система в даній роботі реалізує відображення мнемосхеми технологічного процесу та значень технологічних параметрів, виконує архівацію всіх технологічних параметрів, реєстрацію спрацювання технологічної сигналізації, відображає у вигляді графіків технологічні параметри із архіву і параметри в реальному часі, обмін даними з контролером.

Створення даної системи виконується за допомогою системи програмування TIA Portal V15.

Для створення SCADA-системи необхідно створити новий проект, додати до проекту робочу станцію та налаштувати її зв'язок з контролером.

Після цього необхідно реалізувати весь необхідний функціонал даної системи.

Для відладки SCADA-системи можна скористатись режимом симуляції.

Реалізація функцій верхнього рівня ПТКЗА

SCADA-система в даній роботі реалізовує такі функції:

- обмін даними з нижнім рівнем ПТКЗА;
- наглядне відображення роботи технологічного об'єкту у вікні мнемосхеми із значеннями технологічних параметрів та можливістю ручного керування об'єктом;
- відображення трендів та фіксування тривог у відповідних вікнах, що забезпечують відслідковування та сповіщення про недопустимі значення технологічних параметрів.

Перераховані функції забезпечують повноцінне функціонування SCADA-програми в рамках верхнього рівня ПТКЗА, оскільки забезпечують повне інформаційне забезпечення оператора про стан технологічного процесу та реалізують відповідні можливості дистанційної взаємодії оператора з технологічним об'єктом.

9. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Опис алгоритму корекції коефіцієнта посилення регулятора

Оскільки більшість об'єктів є нелінійними і мають значну апіорної і поточної параметричної невизначеністю, виникає задача настройки регуляторів як при введенні системи в дію, так і в процесі її функціонування.

При розробці систем автоматичного регулювання (САР) промисловими об'єктами найчастіше застосовують ПІ і ПІД алгоритми.

Серед великої кількості алгоритмів настройки ПІ, ПІД регуляторів найбільш простими в реалізації є системи, що використовують інформацію тільки про регульовану координаті і про оцінку її похідної.

Для визначення динамічних і статичних властивостей об'єкта запропонований алгоритм настройки ПІ, ПІД регуляторів використовує інформацію про час t_1 досягнення максимуму модуля першої похідної вихідної величини $y(t)$ (або сигналу неузгодженості) в точці перегину (рис. 10.1), а також про модуль $y(t_1)$ і похідною від $y(t_1)$ при подачі тестового обурення $\varepsilon(t)$ по вихідній величиною об'єкта (або за завданням).

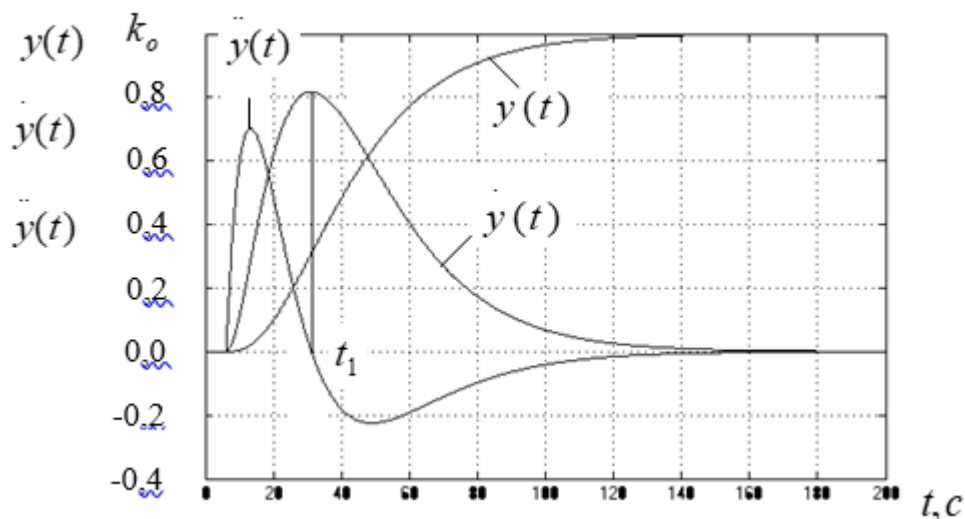


Рис.10.1. Перехідна характеристика, похідна і друга похідна від неї.

Покрокова структура алгоритму

Крок 1. Подача тестового об'єкту по вихідній величині об'єкта (або за завданням).

Крок 2. Визначення максимуму першої похідної від сигналу неузгодженості. Крім того визначається значення модуля сигналу неузгодженості в момент $t_1 - |\varepsilon(t_1)|$.

Крок 3. За отриманими значеннями $\left| \dot{\varepsilon}(t_1) \right|$, $|\varepsilon(t_1)|$ і t_1 виробляється підстроювання коефіцієнта посилення ПІ, ПІД регулятора за формулою:

$$K_p^{(n+1)} = K_p^{(n)} \cdot \alpha \cdot \frac{|\varepsilon(t_1)|}{\left| \dot{\varepsilon}(t_1) \right| \cdot t_1},$$

де n - номер кроку адаптації, α - емпіричний коефіцієнт, який задає якість перехідного процесу. Діапазон зміни α 1...1,8. Рекомендоване значення $\alpha = 1.44$.

На першому кроці адаптації використовується початкове значення коефіцієнта посилення регулятора $K_p^{(0)}$, яке може бути визначено за допомогою інженерного методів.

Крок 4. Порівняння нового значення коефіцієнта посилення регулятора $K_p^{(n+1)}$ зі старим $K_p^{(n)}$. Якщо модуль їх різниці менше наперед заданого значення Δ , то процес підстроювання закінчується і в якості оптимального значення загального коефіцієнта посилення вважається його останнє значення - $K_p^{(n+1)}$, в іншому випадку необхідно повторити кроки 1-4 при новому значенні коефіцієнта посилення $K_p^{(n+1)}$. Рекомендоване значення $\Delta=0.1$. Для досягнення більш високих показників якості необхідно зменшити значення Δ

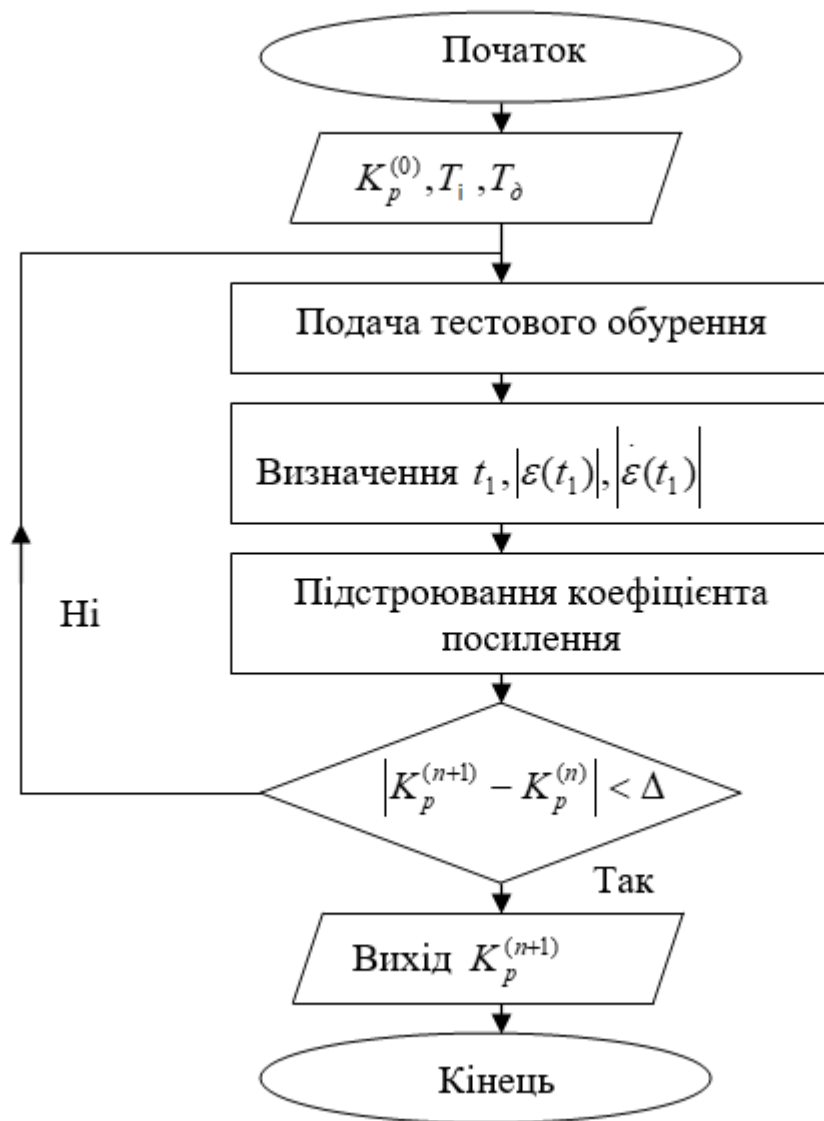


Рис. 10.2. Структурна схема алгоритму корекції коефіцієнта посилення

Передаточна функція об'єкта на виході з теплообмінника

$$W(p) = \frac{0.3e^{-10p}}{20p + 1}$$

Побудуємо перехідні характеристики для даного об'єкту.

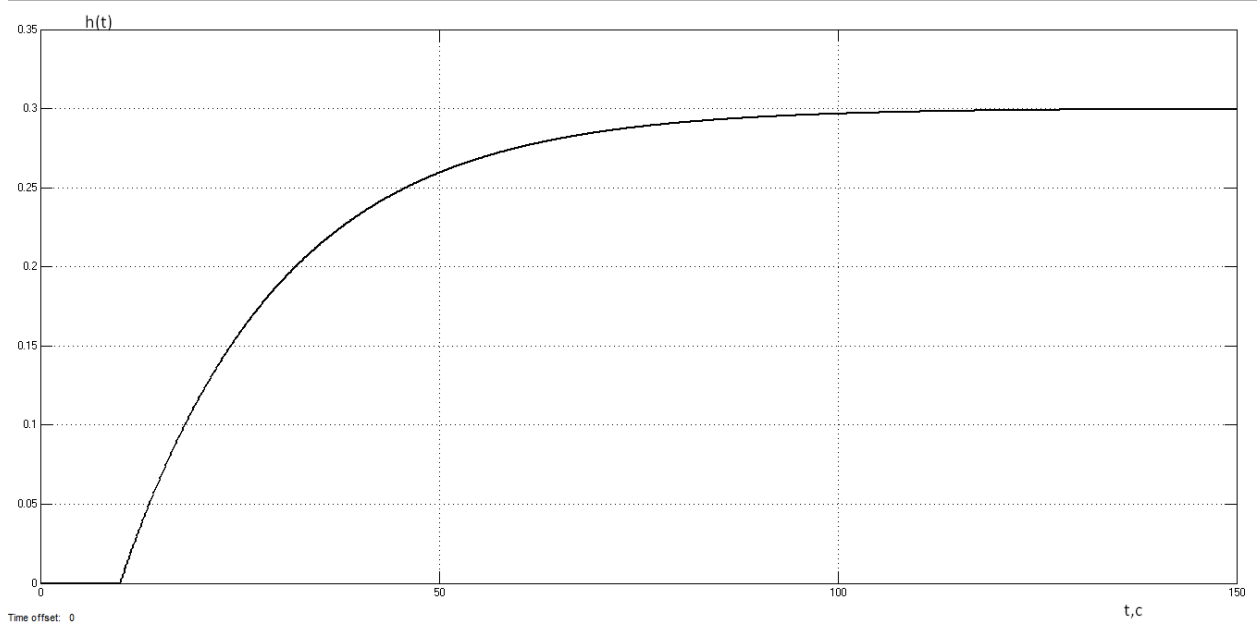


Рис. 10.3. Перехідна характеристика об'єкта на виході з теплообмінника

Розрахуємо параметри налаштування регулятора для об'єкта на виході з теплообмінника.

Виберемо перехідний процес з 20% перерегулюванням, якому відповідає $\psi = 0,9 \Rightarrow m = 0,3665$.

Побудуємо АФХ та РАФХ першого приміщення

М-файл:

```
w=0:0.0001:0.24;  
p=1i*w;  
W=(0.3.*exp(-10.*p))./(20.*p+1);  
Re=real(W);  
Im=imag(W);  
plot(Re,Im,'b');
```

```

m=0.3665;
p=w*(1i-m);
W1=(0.3.*exp(-10.*p))./(20.*p+1);
Re1=real(W1);
Im1=imag(W1);
hold on;
plot(Re1,Im1,'r');
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
legend('АФХ','РАФХ')

```

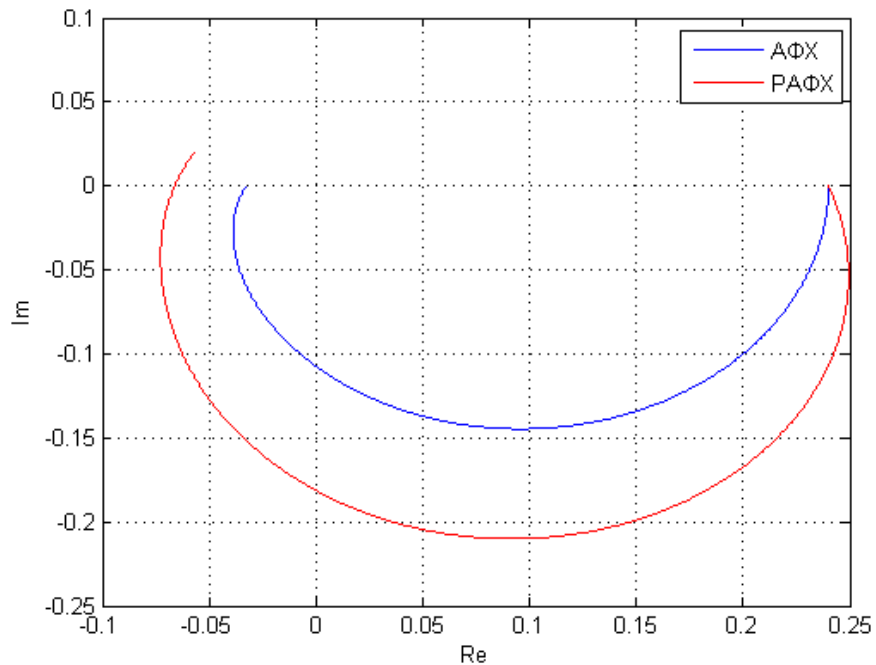


Рис.10.4. АФХ і РАФХ об'єкта першого приміщення
Для побудови кривої заданого степеню коливальності.

Скористаємося формулами для ПІ – регулятора:

$$K_p = -\frac{mQ_o(m, \omega) + P_o(m, \omega)}{A_o^2(m, \omega)};$$

$$K_i = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_o(m, \omega)}{A_o^2(m, \omega)},$$

$$\text{де } K_i = \frac{K_p}{T_i}, A_o(m, \omega) = \sqrt{P_o^2(m, \omega) + Q_o^2(m, \omega)}$$

М- файл:

```
w=0:0.0001:0.1;
m=0.3665;
p=w.*(j-m);
Wo=(0.3.*exp(-10.*p))./(20.*p+1);
Re=real(Wo);
Im=imag(Wo);
A=abs(Wo);
Kp=-(m.*Im+Re)./(A.^2);
Ki=-w.*(m.^2+1).*Im./(A.^2);
plot(Kp,Ki);
xlabel('Kp');
ylabel('Ki');
grid on;
```

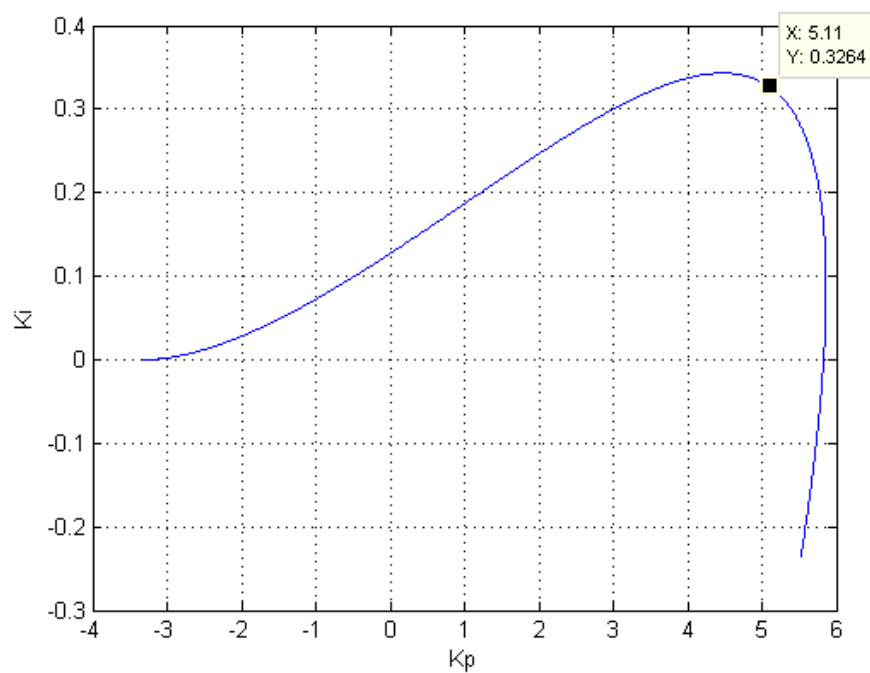


Рис. 10.5 Крива заданого степеню коливальності

Для ІІІ-регулятора беремо точку, при $K_i = 0,95 \max(K_i)$, і знаходимо необхідні налаштування ІІІ-регулятора:

$$K_i = 0.3264, K_p = 5.11, T_i = 15.65$$

Побудуємо АФХ і РАФХ РС для внутрішнього об'єкта ІІІ – регулятора і перевіримо, чи пересікає РАФХ критичну точку $(-1; j0)$.

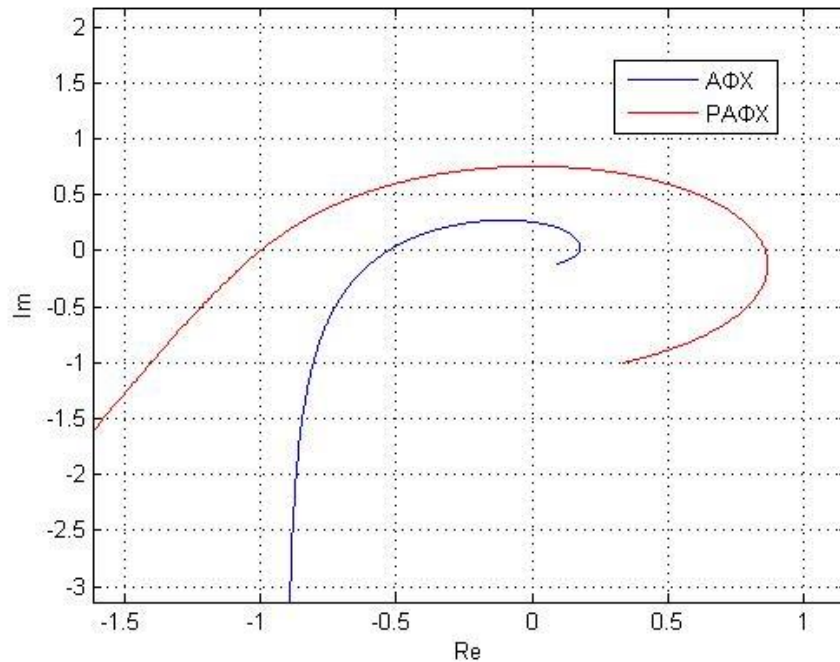


Рис. 10.6 АФХ і РАФХ об'єкта з ІІІ - Регулятором

Видно, що РАФХ розімкненої системи проходить через точку $(-1; j0)$. Це означає, що отримана система повинна мати корневі показники коливальності m , рівних заданому: $m = 0.3665$.

Перехідні характеристики

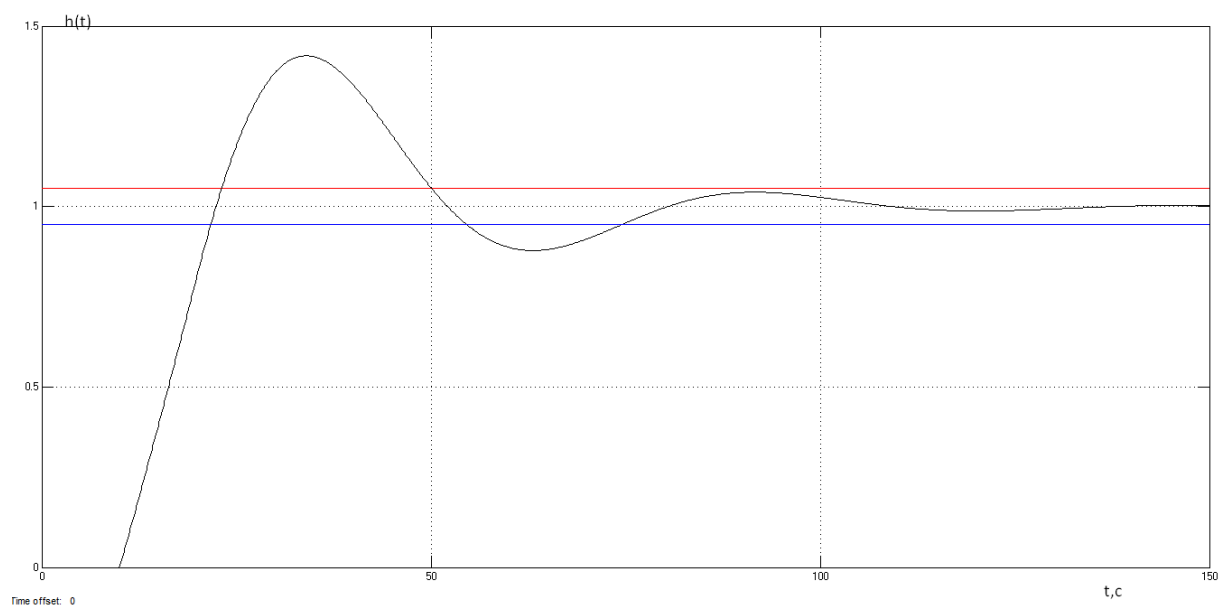


Рис. 10.7 Перехідний характеристика каналу завдання - вихід

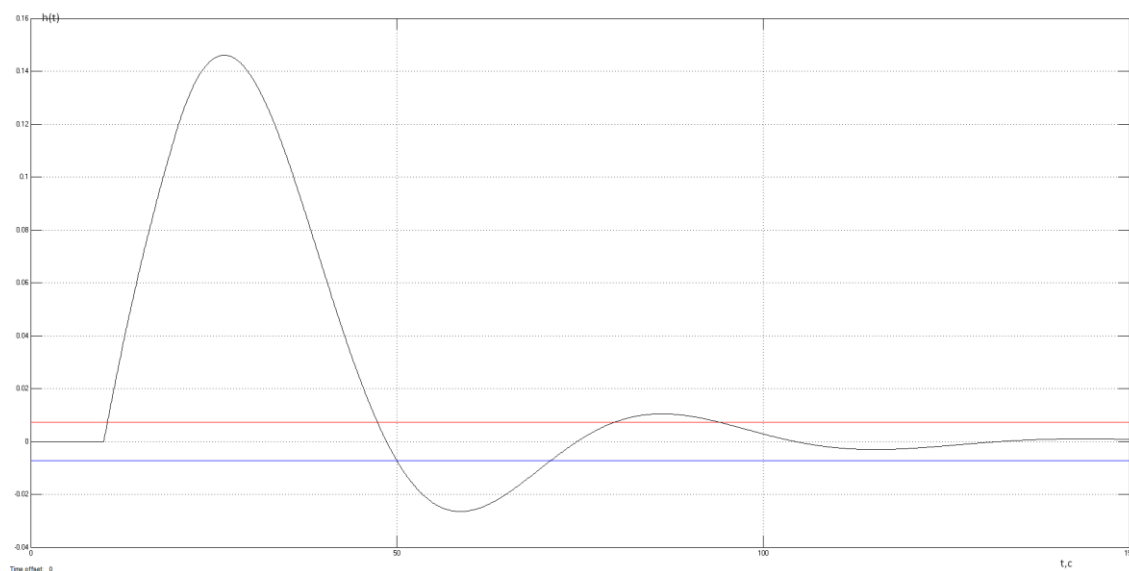


Рис. 10.8 Перехідний характеристика каналу збурення - вихід

Таблиця 10.1. Прямі показники якості

Показники якості	Завдання - вихід	Збурення - вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.42	0.146
Показник затухання	0.9	0.92
Час перехідного	74	93

Перерегулювання, %	51	18.1
--------------------	----	------

Розрахуємо параметри налаштування ПІ – регулятора першого приміщення

Передаточна функції об'єкта першого приміщення

$$W(p) = \frac{0.28e^{-150p}}{1300p + 1}$$

Побудуємо перехідні характеристики для даного об'єкту.

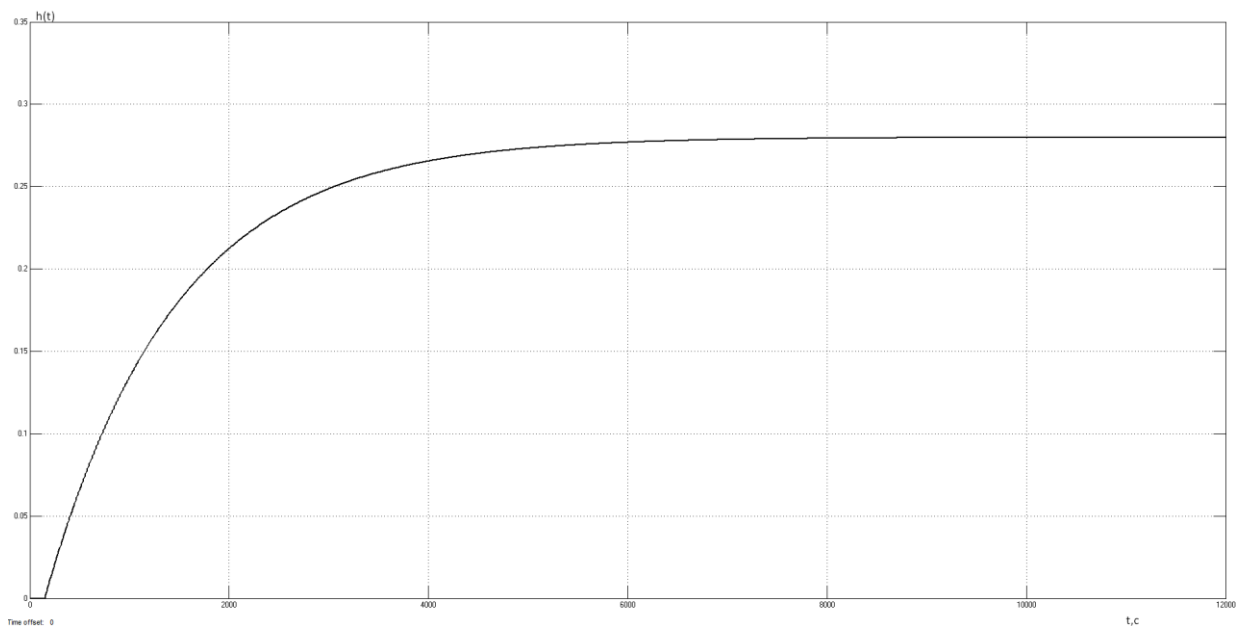


Рис. 10.9. Перехідна характеристика об'єкта на виході з теплообмінника

Розрахуємо параметри налаштування регулятора для об'єкта на виході з теплообмінника.

Виберемо перехідний процес з 20% перерегулюванням, якому відповідає $\psi = 0,9 \Rightarrow m = 0,3665$.

Побудуємо АФХ та РАФХ першого приміщення

М-файл:

```
w=0:0.0001:0.04;
```

```
p=1i*w;
```

```

W=(0.28.*exp(-150.*p))./(1300.*p+1);
Re=real(W);
Im=imag(W);
plot(Re,Im,'b');
m=0.3665;
p=w*(1i-m);
W1=(0.28.*exp(-150.*p))./(1300.*p+1);
Re1=real(W1);
Im1=imag(W1);
hold on;
plot(Re1,Im1,'r');
xlabel('Re');
ylabel('Im');
grid on;
legend('АФХ','РАФХ')

```

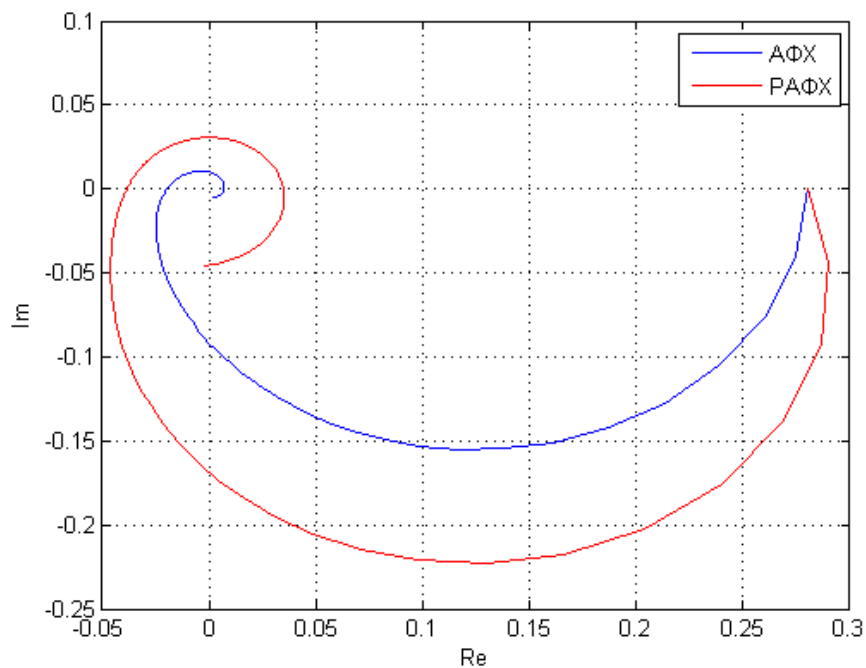


Рис.10.10 АФХ і РАФХ об'єкта першого приміщення
Для побудови кривої заданого степеню коливальності.

Скористаємося формулами для ПІ – регулятора:

$$K_p = -\frac{mQ_o(m, \omega) + P_o(m, \omega)}{A_o^2(m, \omega)};$$

$$K_i = -\omega(m^2 + 1) \frac{Q_o(m, \omega)}{A_o^2(m, \omega)},$$

$$\text{де } K_i = \frac{K_p}{T_i}, A_o(m, \omega) = \sqrt{P_o^2(m, \omega) + Q_o^2(m, \omega)}$$

М- файл:

```
w=0:0.0001:0.01;
m=0.3665;
p=w.*(j-m);
Wo=(0.28.*exp(-150.*p))./(1300.*p+1);
Re=real(Wo);
Im=imag(Wo);
A=abs(Wo);
Kp=-(m.*Im+Re)./(A.^2);
Ki=-w.*(m.^2+1).*Im./(A.^2);
plot(Kp,Ki);
xlabel('Kp');
ylabel('Ki');
grid on;
```

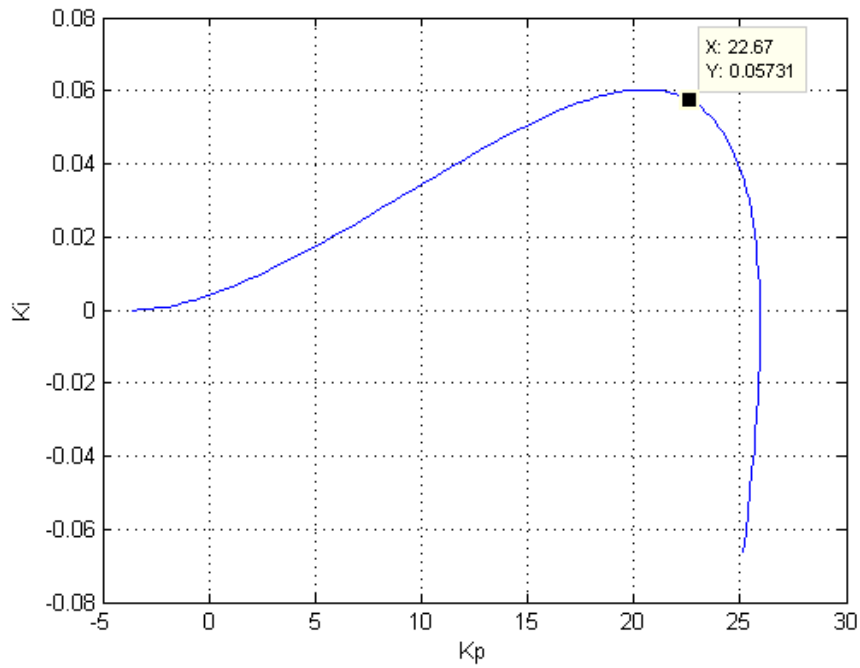


Рис. 10.11 Крива заданого степеню коливальності

Для ПІ-регулятора беремо точку, при $K_i = 0,95 \max(K_i)$, і знаходимо необхідні налаштування ПІ-регулятора:

$$K_i = 0.05731, K_p = 22.67, T_i = 395.56$$

Побудуємо АФХ і РАФХ РС для внутрішнього об'єкта ПІ – регулятора і перевіримо, чи пересікає РАФХ критичну точку $(-1; j0)$.

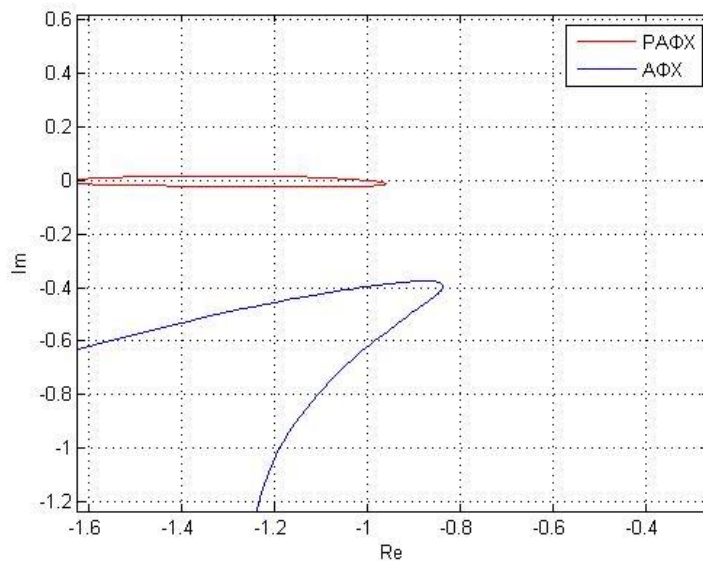


Рис. 10.12 АФХ і РАФХ об'єкта з ПІ - Регулятором

Видно, що РАФХ розімкненої системи проходить через точку $(-1; j0)$. Це означає, що отримана система повинна мати корневі показники коливальності m , рівних заданому: $m = 0.3665$.

Перехідні характеристики

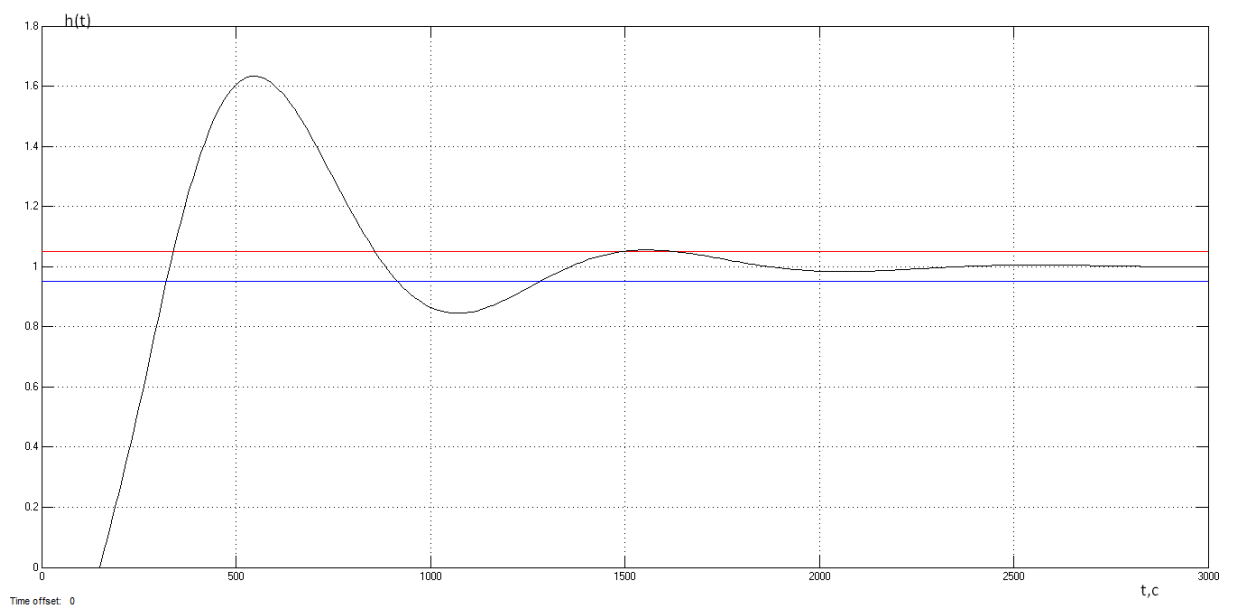


Рис. 10.13 Перехідний характеристика каналу завдання - вихід

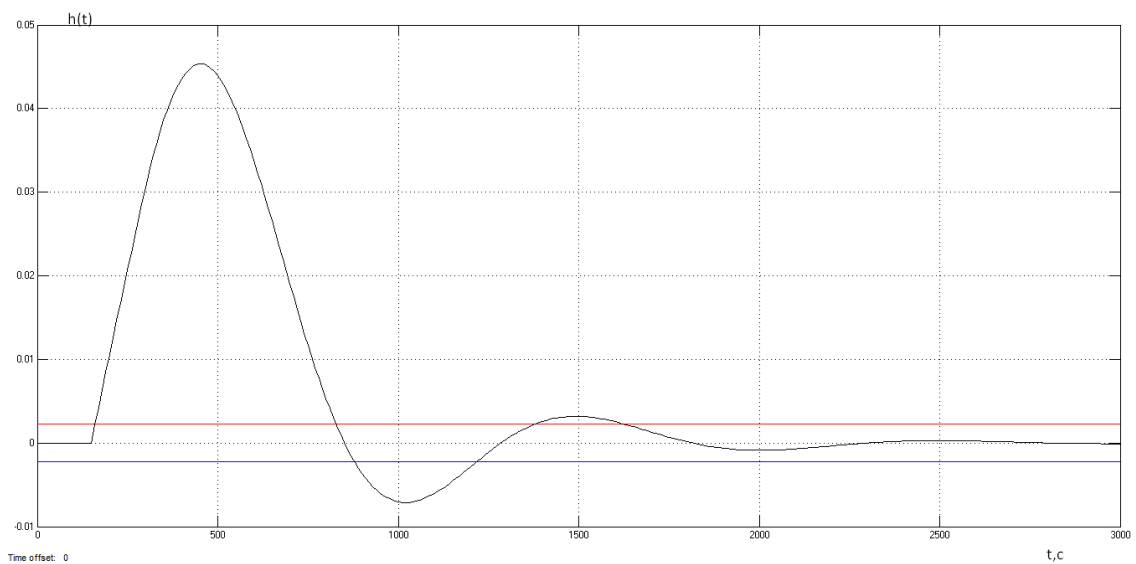


Рис. 10.14 Перехідний характеристика каналу збурення - вихід

Таблиця 10.2. Прямі показники якості

Показники якості	Завдання - вихід	Збурення - вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.63	0.0453
Показник затухання	0.91	0.929
Час перехідного	1620	1625
Перерегулювання, %	63	15.6

Передаточна функція об'єкта першого приміщення, при низькому наповненості приміщення

$$W(p) = \frac{0.28e^{-150p}}{1300p + 1}$$

Передаточна функція об'єкта другого приміщення, при високому наповненості приміщення

$$W(p) = \frac{0.27e^{-170p}}{1700p + 1}$$

Побудуємо перехідні процеси для другого приміщення при параметрів налаштування регулятора що ми розраховали для першого приміщення. Тобто $K_p = 22.67, T_i = 395.56$

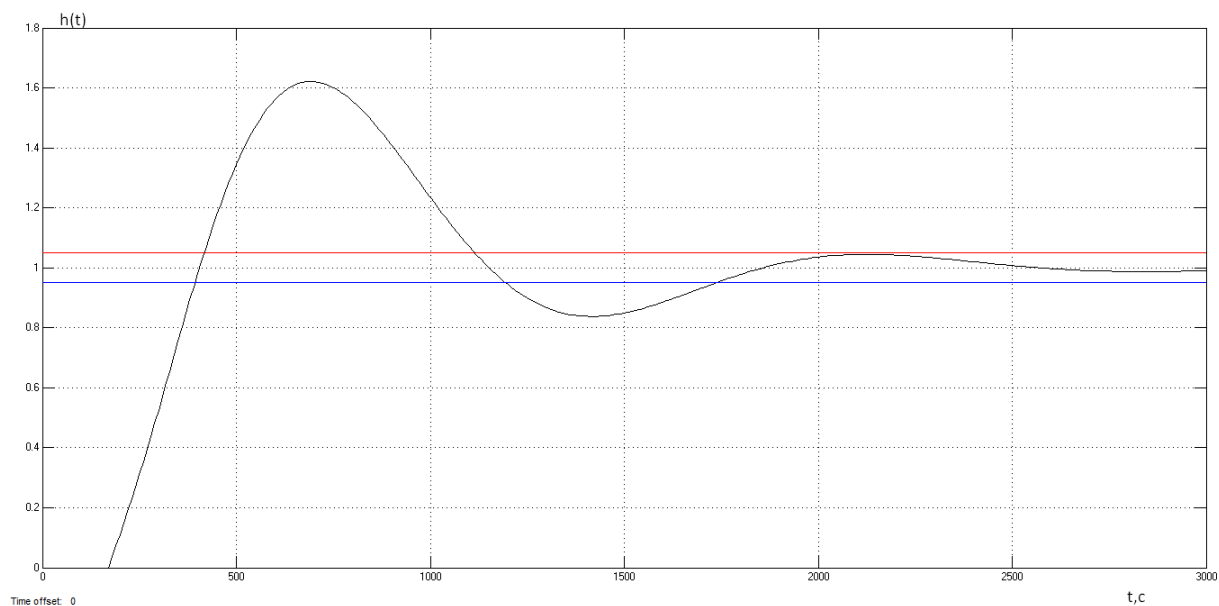


Рис. 10.15 Перехідний характеристика каналу завдання - вихід

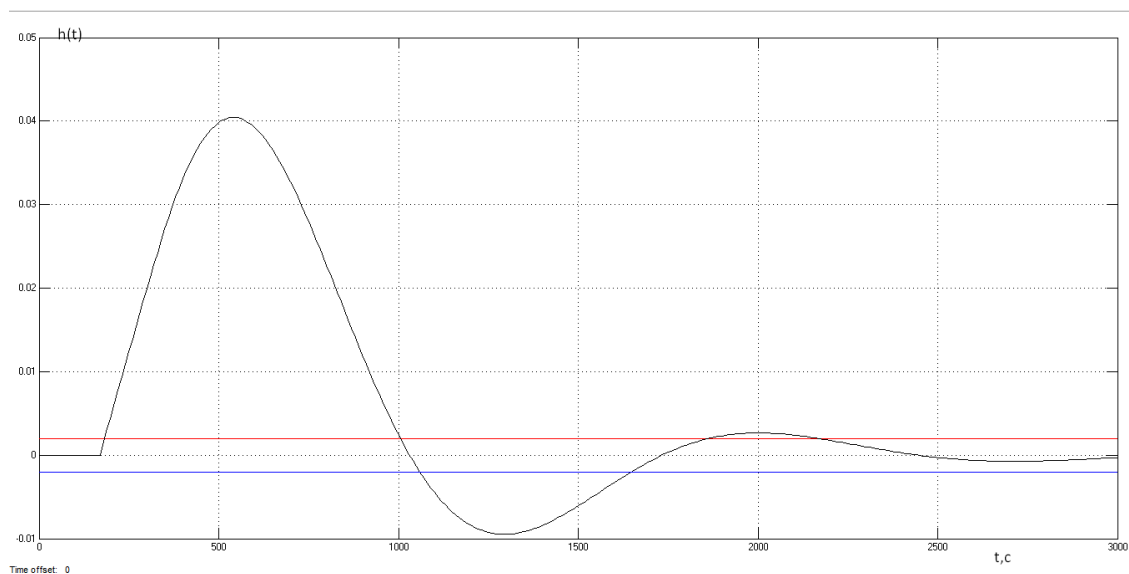


Рис. 10.16 Перехідний характеристика каналу збурення - вихід

Таблиця 10.3. Прямі показники якості

Показники якості	Завдання - вихід	Збурення - вихід
------------------	------------------	------------------

Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.62	0.0404
Показник затухання	0.9	0.947
Час перехідного	1735	2165
Перерегулювання, %	62	22.4

Розрахунок системи з застосуванням самонастройки

Для визначення параметра K_p будемо використовувати формулу яку описав вище

$$K_p^{n+1} = K_p^n \cdot \alpha \cdot \frac{|\varepsilon(t_1)|}{|\dot{\varepsilon}(t_1)| \cdot t_1}$$

$$\Delta = |K_p^{n+1} - K_p^n|$$

При першому наближенні розрахується значення параметра K_p^1 , при цьому $K_p^0 = 22.67$, $\alpha = 1.4$. Точність задаймо $\Delta \leq 0.1$

$$K_p^1 = 22.67 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.65840}{0.004686 \cdot 338} = 13.193$$

$$\Delta = |22.67 - 13.193| = 9.477$$

При другому наближенні розрахуємо

$$K_p^2 = 13.193 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.5358}{0.002739 \cdot 395} = 9.147$$

$$\Delta = |13.193 - 9.147| = 4.046$$

При третьому наближенні розрахуємо

$$K_p^3 = 9.147 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.3725}{0.001918 \cdot 397} = 6.264$$

$$\Delta = |9.147 - 6.264| = 2.883$$

При четвертому наближенні розрахуємо

$$K_p^4 = 6.264 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.4047}{0.001365 \cdot 505} = 5.148$$

$$\Delta = |6.264 - 5.148| = 1.116$$

При п'ятому наближенні розрахуємо

$$K_p^5 = 5.148 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.3994}{0.00116 \cdot 561} = 4.423$$

$$\Delta = |5.148 - 4.423| = 0.725$$

При шостому наближенні розрахуємо

$$K_p^6 = 4.423 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.4769}{0.001029 \cdot 689} = 4.165$$

$$\Delta = |4.423 - 4.165| = 0.258$$

При сьомому наближенні розрахуємо

$$K_p^7 = 4.165 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.4837}{0.0009821 \cdot 721} = 3.983$$

$$\Delta = |4.165 - 3.983| = 0.332$$

При восьмому наближенні розрахуємо

$$K_p^8 = 3.983 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.50233}{0.0009492 \cdot 762} = 3.872$$

$$\Delta = |3.983 - 3.872| = 0.111$$

При дев'ятому наближенні розрахуємо

$$K_p^9 = 3.872 \cdot 1.4 \cdot \frac{0.5276}{0.0009291 \cdot 803} = 3.833$$

$$\Delta = |3.872 - 3.833| = 0.039$$

При дев'ятому наближенні різниця між поточним коефіцієнтом підсилення і попереднім задовольняє нашої умові, тому цикл наближення закінчується.

Побудуємо перехідні процеси при $K_p = 3.833$

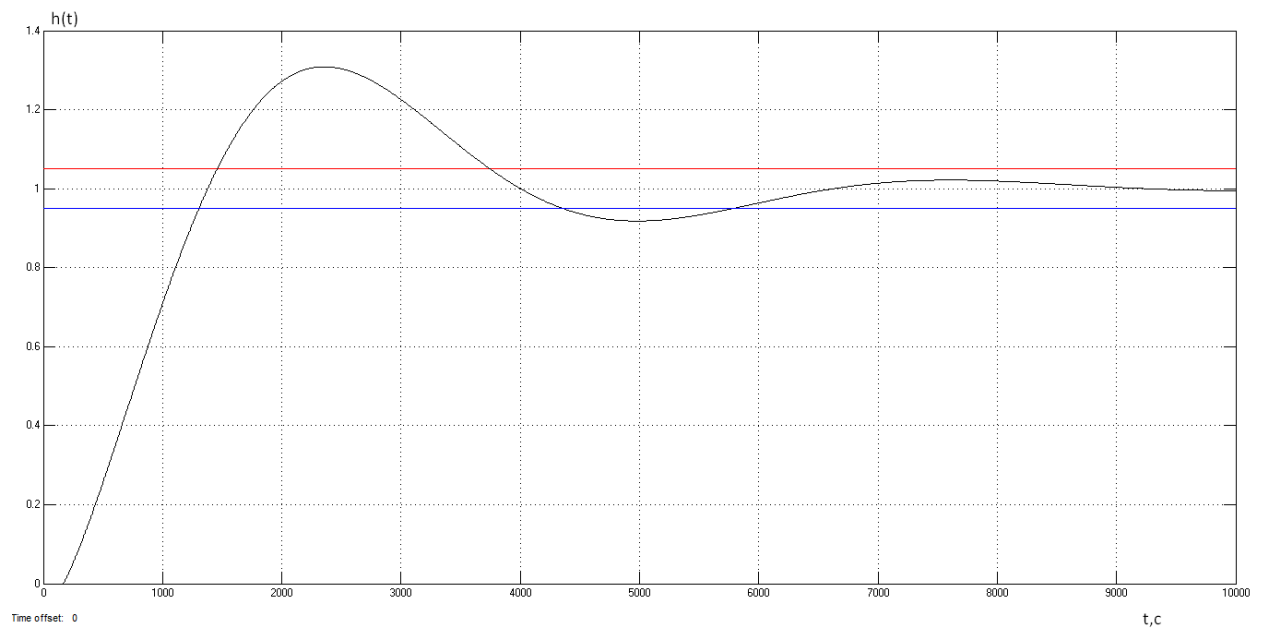


Рис. 10.17 Перехідний характеристика каналу завдання - вихід

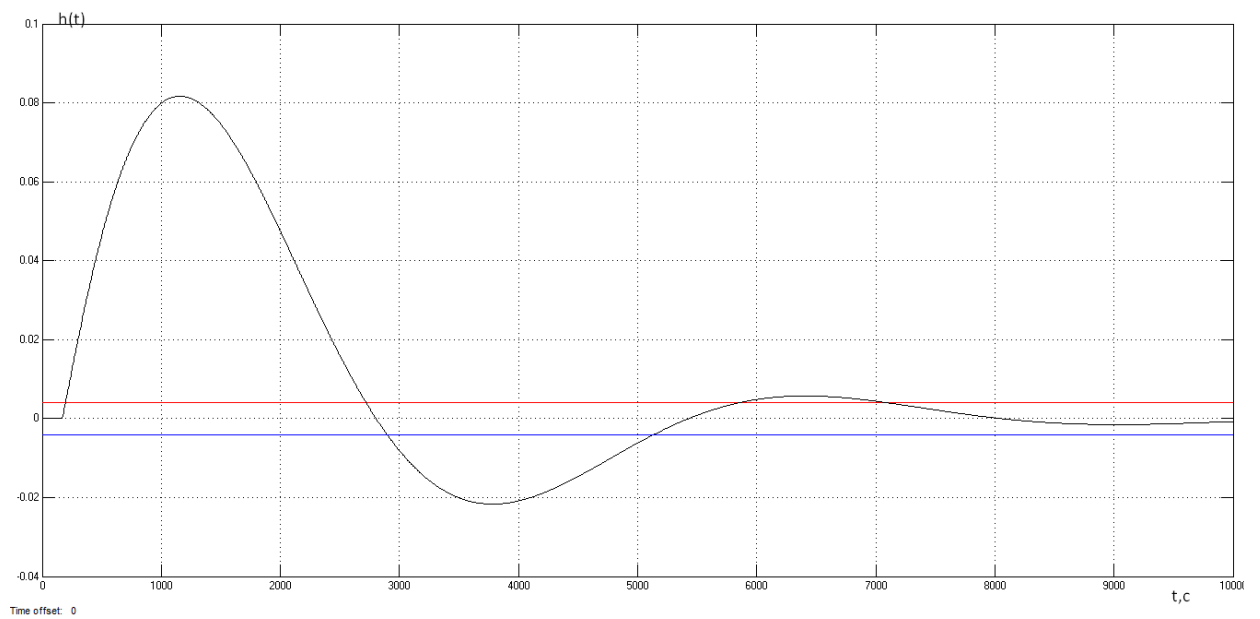


Рис. 10.18 Перехідний характеристика каналу збурення - вихід

Таблиця 10.3. Прямі показники якості

Показники якості	Завдання - вихід	Збурення - вихід
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.315	0.0815
Показник затухання	0.92	0.938
Час перехідного	5780	7065
Перерегулювання, %	31.5	26.3

Порівняємо перехідні процеси без самонастройки і з самонастройкою.

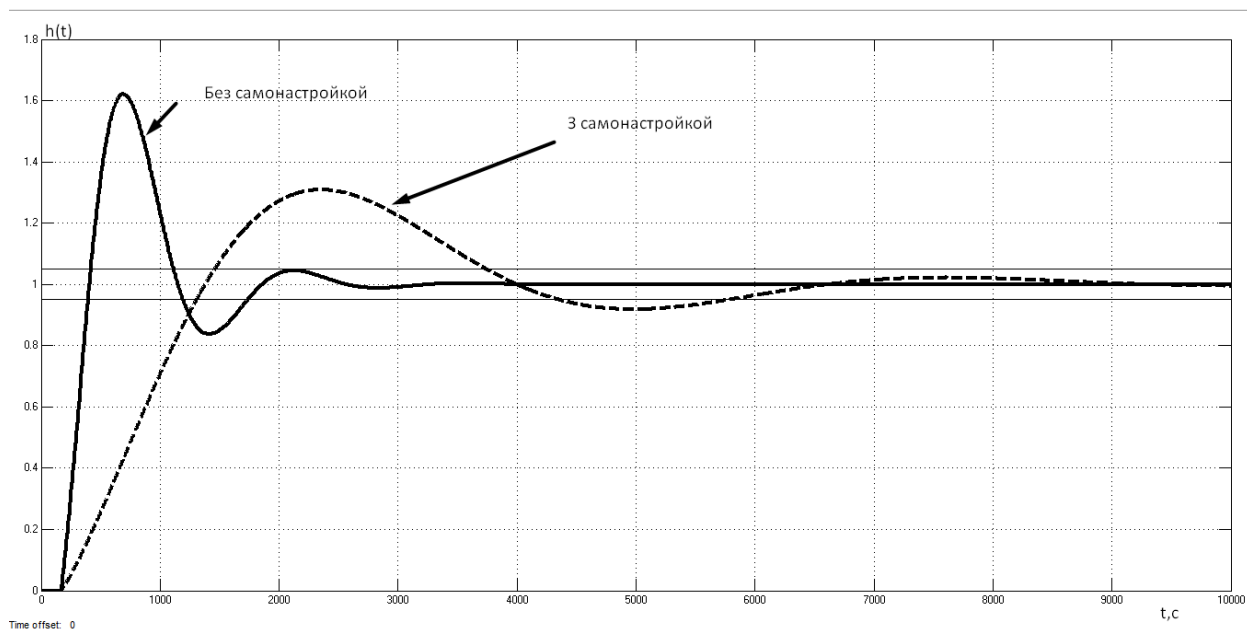


Рис. 10.19 Порівняння перехідних характеристик

Таблиця 10.4. Порівняння прямих показники якості

Показники якості	Без самонастройки	З самонастройкой
Статична похибка	0	0
Динамічна похибка	0.62	0.315
Показник затухання	0.9	0.92
Час перехідного	1735	5780
Перерегулювання, %	62	31.5

С результатах прямих показників якості видно, що перехідний процес з самонастройкой показав кращий результат. Зменшилось перерегулювання, але збільшився час перехідного процесу.

10. ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

Метою економіко-організаційної частини дипломного проекту є визначення економічної ефективності розробленої АСР.

В якості базового варіанту прийнято об'єкт без АСР.

За допомогою порівняння двох апаратурних рішень, визначення матеріально-технічних і трудових витрат, буде визначений економічний ефект використання нової системи.

10.1. Визначення економічного ефекту від впровадження спроектованої АСУ

Розрахунок економічного ефекту від впровадження спроектованої АСУ виконується за формулою:

$$E = E_{tex} - \Delta Z_{пр}, \quad (10.1)$$

де E — економічний ефект від впровадження спроектованої АСУ;

E_{tex} — технологічний ефект на об'єкті після впровадження спроектованої АСР; $\Delta Z_{пр}$ — різниця приведених витрат нової АСР та базового варіанту.

10.1.1. Визначення різниці приведених витрат нової АСР та базового варіанту

Формула (10.2) визначає різницю приведених витрат нової АСР та базового варіанту:

$$\Delta Z_{пр} = Z_{пр}^H - Z_{пр}^Б, \quad (10.2)$$

де $Z_{пр}^H$ — приведені витрати за новою АСР;

$Z_{пр}^6$ — приведені витрати за базовим варіантом.

Базова система працювала без засобів автоматизації, тому приведені витрати за базовим варіантом $Z_{пр}^6 = 0$ грн. Приведені витрати за новою АСР визначаються за формулою:

$$Z_{пр}^H = I_{\Sigma} + E_H \cdot K, \quad (10.3)$$

де $Z_{пр}^H$ — приведені витрати за новою АСР;

I_{Σ} — сумарні витрати на експлуатацію системи;

E_H — коефіцієнт порівнювальної економічної ефективності ($E_H = 0,15 \frac{1}{\text{рік}}$);

K — вартість системи, яка визначається кошторисом (123380,66 грн).

Сумарні витрати на експлуатацію системи визначаються за наступною формулою:

$$I_{\Sigma} = I_{ел} + I_a + I_{пр} + I_{зп}, \quad (10.4)$$

де I_{Σ} — сумарні витрати на експлуатацію системи;

$I_{ел}$ — витрати на електроенергію, яку споживає АСР;

I_a — витрати на амортизацію;

$I_{пр}$ — витрати на поточний ремонт;

$I_{зп}$ — витрати на заробітну платню.

Розрахунок витрат на амортизацію та поточний ремонт

Витрати на амортизацію дорівнюють капіталовкладенням, помноженим на нормуючий коефіцієнт:

$$I_a = 0,12 \cdot 570750 = 68490 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на поточний ремонт дорівнюють витратам на амортизацію, помноженим на нормуючий коефіцієнт:

$$I_{\text{пр}} = 0,15 \cdot 68490 = 10273 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

У зв'язку з тим, що частина комплексу вже здана в експлуатацію, то необхідний персонал вже набраний і впровадження АСР не призводить до залучення додаткового обслуговуючого персоналу. Відповідно до цього витрати на заробітну платню $I_{\text{зп}} = 0 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$

Розрахунок витрат на електроенергію

Витрати на електроенергію визначаються за наступною формулою:

$$I_{\text{ел}} = N_{\Sigma} \cdot T_{\text{роб}} \cdot C_e \quad (10.5)$$

де $I_{\text{ел}}$ — витрати на електроенергію, яку споживає АСР;

N_{Σ} — сумарна потужність АСР;

$T_{\text{роб}}$ — час роботи АСР;

C_e — тариф на електроенергію.

Час роботи системи тотожно дорівнює часу роботи об'єкта управління. $T_{\text{роб}} = 7500 \frac{\text{год}}{\text{рік}}.$ Плата за електроенергію відбувається відповідно

до тарифу для житлових приміщень $C_e = 0,75 \frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}.$

Визначимо сумарну потужність системи за допомогою таблиці 10.1.

Таблиц 10.11

№ п/п	Найменування приладу	Кількість, шт	Потужність приладу, кВт	Сумарна потужність, кВт
1	2	3	4	5
1	Датчик температури АТМ 2-І	5	0,005	0,025
2	Датчик вологості РРFF-25-І	5	0,005	0,025
3	Термостат FS2-U	1	0,002	0,002

1	2	3	4	5
4	Витратомір DPT Flow -1000	2	0,01	0,02
5	Датчик концентрації вуглекислого газу ADT-D3 1164	4	0,01	0,04
6	Датчик перепаду тиску DS 106-A	4	0,001	0,004
7	Контролер Siemens S7-1500	1	0,04	0,04
8	Модуль аналогових вводів MB110-224.8A	3	0,006	0,018
9	Модуль аналогових виводів MU110-24.8I	1	0,006	0,006
10	Модуль аналогових виводів MU110-224.6U	1	0,006	0,006
11	Частотний перетворювач 302 L4TXA	2	3	6
12	Блок живлення БП60Б-Д4-24	3	0,06	0,18
13	Електропривід триходового клапана NVD24-SR	2	0,005	0,01
14	Електропривід повітряної засувки SM24A-MA	8	0,005	0,04
15	Насос водопостачання UP 15- 14 b	2	0,025	0,05
16	Канальні вентилятори ВКМ250В	2	0,2	0,4
17	Зволожувач МК5-Visual	1	7,4	7,4

18	Лампа сигнальна AD22-22DS	3	0,0005	0,0015
----	---------------------------	---	--------	--------

Продовження табл. 10.1.

Сумарна потужність системи $N_{\Sigma} = 14,22 \text{ кВт}$. Відповідно до формули (10.5) витрати на електроенергію $I_{\text{ел}} = 14,22 \cdot 7500 \cdot 0,75 = 79988 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Розрахунок сумарних витрат на експлуатацію

Відповідно до формули (10.4) сумарні витрати на експлуатацію системи становлять

$$I_{\Sigma} = 79988 + 68490 + 10273 = 158751 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Розрахунок приведених витрат нової АСР. Розрахунок різниці приведених витрат нової АСР та базового варіанту

Як було сказано вище, приведені витрати за базовим варіантом $Z_{\text{пр}}^{\text{б}} = 0 \text{ грн}$. Приведені витрати нової АСР розраховуються за формулою (10.3):

$$Z_{\text{пр}}^{\text{н}} = 158751 + 0,15 \cdot 570750 = 244363 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Різниця приведених витрат нової АСР та базового варіанту:

$$\Delta Z_{\text{пр}} = 244363 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

10.1.2. Визначення технологічного ефекту на об'єкті після впровадження спроектованої АСР

Технологічний ефект на об'єкті після впровадження АСР полягає у зменшенні кількості обслуговуючого персоналу:

$$I_{\text{техн}}^{\text{перс}} = \Phi_{\text{осн}} + \Phi_{\text{дод}} + \Phi_{\text{від}}, \quad (10.6)$$

де $I_{\text{техн}}^{\text{перс}}$ — технологічний ефект на об'єкті після впровадження АСР;

$\Phi_{\text{осн}}$ — основна заробітна платня;

$\Phi_{\text{дод}}$ — додатковий фонд заробітної платні;

$\Phi_{\text{від}}$ — відрахування на соціальні заходи.

Розрахунок основної заробітної платні

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$\Phi_{\text{осн}} = n \cdot \Phi_{\text{міс}}, \quad (10.7)$$

де $\Phi_{\text{осн}}$ — основна заробітна платня;

n — кількість персоналу, який підлягає скороченню;

$\Phi_{\text{міс}}$ — місячний фонд заробітної платні однієї людини.

Основна заробітна плата $\Phi_{\text{осн}} = 2 \cdot 9000 = 18000 \frac{\text{грн}}{\text{міс}}$. Якщо взяти до уваги те, що усі розрахунки ведуться на інтервал часу $T = 1 \text{ рік}$,
 $\Phi_{\text{осн}} = 18000 \cdot 12 = 216000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Розрахунок додаткового фонду заробітної платні

Додатковий фонд заробітної платні розраховується за формулою:

$$\Phi_{\text{дод}} = \Phi_{\text{прем}} + \Phi_{\text{невих}}, \quad (10.8)$$

де $\Phi_{\text{дод}}$ — додатковий фонд заробітної платні;

$\Phi_{\text{прем}}$ — фонд оплати премій;

$\Phi_{\text{невих}}$ — оплата відпусток та невиходів на роботу при виконанні держобов'язків.

Фонд оплати премій $\Phi_{\text{прем}} = 0,3 \cdot \Phi_{\text{осн}} = 64800 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Оплата відпусток $\Phi_{\text{невих}} = 0,1 \cdot \Phi_{\text{осн}} = 21600 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Додатковий фонд заробітної платні $\Phi_{\text{дод}} = 64800 + 21600 = 86400 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Розрахунок відрахунків державним органам

До відрахунків державним органам відносять виплати до пенсійного фонду (33,26%), обов'язкове соціальне страхування (1,6%), страхування на випадок безробіття (1,4%) та страхування від нещасних випадків (0,56%). Відрахунки розраховуються за формулою:

$$\Phi_{\text{від}} = 0,3682 \cdot (\Phi_{\text{осн}} + \Phi_{\text{дод}}), \quad (10.9)$$

де $\Phi_{\text{від}}$ — відрахування на соціальні заходи;

$\Phi_{\text{осн}}$ — основна заробітна платня;

$\Phi_{\text{дод}}$ — додатковий фонд заробітної платні.

Відрахунки державним органам $\Phi_{\text{від}} = 0,3682 \cdot (216000 + 43200) = 95437 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Розрахунок технологічного ефекту на об'єкті після впровадження спроектованої АСР

Відповідно до (10.6) технологічний ефект на об'єкті після впровадження спроектованої АСР $I_{\text{техн}}^{\text{перс}} = 216000 + 86400 + 95437 = 397837 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

10.1.3. Розрахунок економічного ефекту від впровадження спроектованої АСР

Відповідно до (10.1) економічний ефект від впровадження спроектованої АСР $E = 397837 - 244363 = 153474 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$.

Розрахуємо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{570150}{153474} = 3.7 \text{ роки}$$

Це означає, що впровадження спроектованої АСР економічно вигідно.

11. РЕАЛІЗАЦІЯ СТАРТАП ПРОЕКТУ

11.1 Резюме стартап – проекту

Тема: Інтернет сайт-сервіс для самоналаштування регулятора

Ціль: Розробка інтернет сайт-сервісу який буде в реальному часі адаптувати систему управління при зміні параметрів об'єкту.

Проблематика, що вирішуються:

- Адаптування регулювання системи до зміни параметрів об'єкту;
- Економічна ефективність використання енергетичних ресурсів.

Програмний продукт:

Розробка програмного рішення буде виконане з використання сучасних технологій програмування, в якості backend частини, а саме серверна логіка буде виступати мова програмування C#. Frontend частини тобто клієнтська частина буде виконуватись за допомогою мови програмування Javascript з використанням сучасних framework-ів. База даних буде виступати Microsoft SQL Server або Oracle.

Команда проекту буде складатися з наступного персоналу:

- Керівник проекту;
- Команда backend розробників;
- Команда frontend розробників;
- Адміністратор бази даних;
- Інженер АСУ ТП
- Бухгалтер.

Витрати:

1. Оренда приміщення.
2. Заробітні плати.
3. Технічне обладнання і оренда серверів.
4. Оформлення юридичних та реєстраційних документів.

Що ми вирішимо:

- Окремий виділений сервер для обрахунку самоналаштування регулятора за алгоритмами

- Архівація даних
- Обрахунок в реальному часі

Kickstarter:

Сума інвестицій 2 500 000 грн. при реалізації проекту протягом 1 - рік.

11.1.1 Організаційний план

Команда проекту:

- Керівник проекту;
- Команда backend розробників;
- Команда frontend розробників;
- Адміністратор бази даних;
- Інженер АСУ ТП
- Бухгалтер.

Керівник проекту – відповідальний за весь проект, за роботу персоналу, організаційні моменти.

Команда backend розробників – в команді є тимлідер що займається видачою завдань для програмістів серверної частини, контролює якість і правильність виконання завдань. Команда розробників виконують задачі що їм поставили аналітики.

Команда frontend розробників – в команді присутній тимлідер що займається видачою завдань для програмістів клієнтської частини, контролює якість і правильність виконання завдань. Команда розробників виконують задачі що їм поставили аналітики.

Адміністратор бази даних – відповідальний за ведення бази даних, проводить оптимізацію та створення реляційної моделі бази даних.

Інженер АСУ ТП – відповідальний за налаштування зв'язку між регулятором і сервісом самоналаштування.

Бухгалтер – відповідальний всім що стосується фінансів, видає заробітну плату робітникам.

Обов'язки:

Кожен співробітник повинен відпрацювати норму 40 годин в тиждень, виконувати всі свої поставлені завдання. Слідкувати за якістю виконаної роботи, в кінця дня фіксувати час на витрачену ту чи іншу задачу.

Календарний план роботи:

Робочий день починається з 9:00 і закінчується в 18:00, обідня перерва з 13:00 по 14:00. Робочий тиждень починається з понеділка і по п'ятницю включно.

11.2 Маркетинговий план

11.2.1 Опис ідеї проекту

Для початку опишемо зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів, це можна побачити в таблиці 3.1.

Таблиця 11.1 Маркетингова концепція продукту

№ п/п	Потреба	Вигода	Ключові переваги перед конкурентами
1	Окремий сервер для обрахунку параметрів самоналаштування регулятора	Зменшення навантаження контролера на обрахунок параметрів самоналаштування.	Алгоритм самоналаштування може зайняти багато оперативних ресурсів якщо його реалізувати в контролері і не всі контролери спроможні на це, тому для обрахунку алгоритму виділимо окремий сервер, що є незалежним від контролера.
2	Архівування даних	Архівація даних, створення звітів, візуалізація графіків (дашбоардів)	Можливість створення звітів на результатах самоналаштування, відображення різноманітних графіків для аналітики якихось показників

3	Права доступу	Створення безпечного зв'язку через мережу інтернет	Створимо доступ до серверу тільки по виділеному vpn чи обмежимо доступа на мережевому і фізичному рівні
---	---------------	--	---

11.2.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Проведемо аудит технологій, за допомогою якої можна реалізувати ідеї проекту, це можна побачити на таблиці 11.2.

Таблиця 11.2 Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Безпечне ядро системи з правами доступу	Для реалізації даної ідеї буде розроблено ядро яке буде захищене від інших людей, щоб збільшити безпечність і не можливість втрати інформації та взлому системи.	Дану технологію прийдеться розробити за допомогою мови програмування C# на серверній частині, що не доступна для сторонніх людей.	Дана технологія доступна для реалізації.
2	Версія для комп'ютерів та мобільна версія	Створити версію системи, що можна було користуватися не тільки з комп'ютерів, а і з мобільних пристроїв також.	Дану технологію можна реалізувати за допомогою додатку Xamarin Forms, що дає можливість розробити для операційних систем таких як: iOS,	Дана технологія доступна для реалізації.

			Android та інших.	
3	Машинне навчання	Реалізація навчання алгоритму, тобто на вже відомих даних спрощувати обчислення математичних операцій.	Дану технологію можна реалізувати за допомогою мови програмування C#.	Дана технологія доступна для реалізації.

11.3 Визначення цінових меж

Далі визначенні цінові межі, якими будемо керуватись при встановленні ціни на потенційний продукт, але остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту.

Таблиця. 11.3 Межі встановлення ціни

Рівень цін на продукти-замінники	Рівень цін на продукти-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на продукт/послугу
Немає	Від 50 000 \$	100 000 \$/рік	Від 10 000 \$

11.4 Характеристика потенційних клієнтів

Надалі визначимо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 11.4).

Таблиця 11.4 Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у потенційних цільових клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Безпечність	Промислові будівлі, житлові будинки	Всім цільовим групам клієнтів обов'язково треба безпека їх даних, тому відмінностей немає	-надійність -захист даних -конфіденційність
2	Архівування, звітність	Промислові будівлі, житлові будинки	Залежно від цільової групи підбираються потрібний функціонал	-налаштування архівації -формування звіту
3	Ціновий показник	Промислові будівлі, житлові будинки	Залежно від типу цільової групи підбирається різних набір функціоналу, що корегується ціною	-не сплата за функціонал що не потрібний -докупка функціоналу в майбутньому

11.5 Фінансовий план

Таблиця 11.5 Бюджет прямих витрат на виробництво продукції

Показник	Вид товарної продукції
1) План виробництва продукції, шт.	1
2) Норма витрати праці на проект, люди/год	0,0043
3) Всього витрат праці, год	12 800
4) Оплата праці, грн	120
5) Всього витрат на оплату, грн	1 536 000
6) Загальні витрати на оплату праці	1 536 000

Таблиця 11.6 Бюджет собівартості виготовлення продукції

Показник	Вид товарної продукції
1) План виробництва, шт	1
2) Витрати на матеріали, грн	275 000
3) Витрати на оплату праці, грн	1 536 000
4) Загальновиробничі витрати, грн	1 536 000
5) Разом витрат на виробництво, грн	1 811 000
6) Виробнича вартість 1 тов, грн	1 811 000

Таблиця 11.7 Бюджет собівартості реалізованої продукції

Показник	Вид товарної продукції
1) Собівартість виробництва, грн	1 811 000
2) Затрати на підтримку платформи, грн	300 000
3) Собівартість реалізованої продукції, грн	1 511 000

Таблиця 11.8 Бюджет про прибутки та збитки підприємства

Показник	Вид товарної продукції
1) Обсяг продажу (планова виручка), грн	2 500 000
2) Собівартість реалізованої продукції, грн	1 811 000
3) Валовий прибуток (збиток), грн	789 000
4) Адміністративні витрати, грн	120 000
5) Витрати на збут, грн	350 000
6) Фінансовий результат на опадаткування, грн	419 000
7) Податок на прибуток (20%)	83 800
8) Чистий прибуток (збиток), грн	335 200

11.6 Юридичний план

Наша організація буде приватним підприємством, що буде діяти на підставі статуту. Приватне підприємство «CN-System» у своїй діяльності буде керуватись такими нормативними документами:

Конституція України.

Закон України 05.09.2017 N 2145– XII «Про освіту».

Закон України від 12.05.1991 N 1023 – XII «Про захист прав споживачів».

Закон України від 25.06.1991 N 1251 – XII «Про систему оподаткування».

Закон України від 28.12.1994 N 334\94 – ВР «Про оподаткування податків підприємств».

Закон України від 03.04.1997 N 168\97 – ВР «Про податок на додану вартість».

Закон України від 16.07.1999 N 996 – XIV «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні».

Закон України від 19.10.2000 N 2063 – III «Про державну підтримку малого підприємництва».

Закон України від 22.05.2003 N 889 – IV «Про податки з доходів фізичних осіб».

Закон України від 01.01.2007 N 755 – IV “Про державну реєстрацію юридичних та фізичних осіб – підприємців».

11.7 Оцінка ризиків проекту

Ризик для підприємства після виходу на ринок у конкурентному середовищі звичайно ж існує. Тому для того, щоб запобігти ризикованим ситуаціям, буде здійснено ряд заходів, що будуть спрямовані на роботу підприємства в безпечних умовах. Фірма буде застрахована компанією «Оранта» (5 % вартості буде віддаватись від виробітку щомісяця) на три роки з можливістю продовження страховки.

Для того, щоб попередити кризові ситуації підприємства можна розглянути кілька ризикованих ситуацій і методи їх вирішення (таблиця 11.9).

Таблиця 11.9 Ризики проекту

Назва ризику	Оцінка ризику	Можливості зниження ризику
1. Ціна на продукцію	Є велика вірогідність що деякі підприємства не зможуть придбати цю продукцію через фінансові труднощі	Передбачення більше дешевого варіанту, або взагалі демо версії
2. Компанії конкурент які маю більше досвіду	Також є така проблема що є компанії які мабуть більше досвіду в цій технології і можуть скласти ризик не придбання нашої продукції в напрямок більше досвідченої і перевіреної компанії	Наша продукція буде більш універсальною та оптимізованою, використовувати буде сучасні технології програмування
3. Заподіяння майнової шкоди	Підприємство може постраждати від шкоди нанесеної умисно внаслідок дій конкурентів.	Майно фірми є застрахованим, отже страхова компанія повністю покриє витрати на відновлення підприємства і за заподіяну матеріальну шкоду. Таким чином, вигляд підприємства буде відновлено і ризик зникне.

Продовження таблиці 11.9

4. Розкрадання майна	Ризик є дуже ваговий так як майно представляє велику грошову цінність.	Майно захищається хорошою системою безпеки, яка перешкодить нанесенню матеріальних збитків підприємству.
5. Зміна цін на матеріали, комунальні послуги	Може призвести до збільшення обсягів витрат.	Оперативне коригування діючих цін
6. Технічні несправності обладнання	Обладнання може вийти з ладу через тривалу або неправильну експлуатацію, або воно може бути просто не якісним.	Ремонт обладнання забезпечується гарантією при наявності відповідних документів, що підтверджують купівлю. Це не несе грошової шкоди бюджету підприємства
7. Нестача кваліфікованих робітників і спеціалістів	Може виникнути тільки якщо немає досвіду роботи в даних організаціях.	Підприємство перед запровадженням нових технік залучить спеціалістів з інших міст, можливість працювати віддалено.

ВИСНОВКИ

Тема магістерської дисертації є “Адаптивна система регулювання системи опалення промислової будівлі” з переддипломної практики було вивчено конструкцію та принцип роботи об’єкта управління, принцип технологічного процесу. Метою даної роботи є вивчення способів подолання недоліків в регулюванні системами опалення та впровадження без значних витрат.

Одна з найпоширеніших проблем з центральною системою полягає в тому, що розподіл температури всередині будівля неоднакова. Прибутки або втрати від тепла різняться із зовнішніми умовами і розподілені не рівномірно всередині будівлі. Через необхідність гарантування мінімальної комфортної температури в найхолоднішими районами будівлі, деякі райони стають перегріти.

Була розроблена схема, яка дозволяє регулювати декількома системи регулювання незалежно одна від одної. Об’єкт складається з трьох незалежних систем. Після чого був розроблений алгоритм самонастройки параметрів регулятора який розраховує в реальному часі, при цьому потребує початкових налаштувань регулятора.

Був проведений розрахунок початкових налаштувань регулятора за допомогою метода РАФХ. Після чого припустили як зміняться параметри об’єкту, промодельовали перехідні процеси до зміни і після зміни. Потім був застосований алгоритм самонастройки, після цього порівняли перехідні процеси, а саме прямі показники якості. В результаті самонастройка показали кращі показники якості чим при налаштуваннях параметрів регулятора при розрахунку методом РАФХ.

Були проведені розрахунки вимірювальних каналів та надійності

функціонування , які показали відповідність спроектованої системи поставленим вимогам.

За основу для ПТКЗА було взято контролер Siemens S7-1500 з необхідними модулями розширення, який є надійним приладом сучасної промислової автоматизації.

Також був складений кошторис даної АСК і проведені розрахунки економічної ефективності. Розрахунки показали, що введення даної АСК за даним проектом є доцільним.

Був розроблений стартап проект на основі нашого алгоритму, що представляє собою розробку інтернет сервісу для можливості використання алгоритму в системах, при цьому покласти всіх обрахунки на окремий сервер, не використовуючи ресурси контролера.

В цілому, розроблена АСК відповідає всім поставленим вимогам та може бути впроваджена в експлуатацію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ананьев В.А., Городов А.К., Еремин М.Ю. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. М.: Евроклимат, 2000.— 416 с.
2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления тепловыми процессами. М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: [Учеб. пособие]/ Е.С. Бондарь, А.С. Гордиенко, В.А. Михайлов, Г.В. Нимич. Под общ. ред. Е.С. Бондаря — К.: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим» 2005. 560 с.
4. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. М.: Стройиздат, 1982.— 96с.
5. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів спеціальності "Автоматизоване управління технологічними процесами" та "Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва// Укладач: Баган Т.Г. — Київ: НТУУ "КПІ". — 2011 р. — 94 с.
6. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования. Справочное пособие / Под ред. Ключева А.С. М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче: Учеб. Пособие для вузов – 4-е изд., перераб. – М.: «Энергия», 1980 – 288 с.
8. Лукас В.А. Теория управления техническими системами. – 3-е издание, перераб. и дополн. – Екатеринбург Изд-во «УГГГА», 2002 – 675 с.
9. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
- 10.Плетнёв Г.П. Автоматическое регулирование и защита теплоэнергетических установок электростанций. – М.: Энергия, 1976 – 424 с.
- 11.Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: «Либідь», 2007 – 656 с.

12. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: «Энергия», 1978 – 476 с.
13. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. – М.: «Энергия», 1973 – 423 с.
14. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – «МЭИ», 2008 – 396 с.
15. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС. – О.: «Астропринт», 2001.

ДОДАТОК А

Адаптивна система регулювання опалення

Апробація

УКР.НТУУ “КПІ” ім. І. Сікорського ТО41196

Аркушів 3

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ НАУКОВОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Матеріали XVII Міжнародної
науково-практичної конференції
молодих вчених та студентів
м. Київ, 23-26 квітня 2019 року,

ТОМ 2



Київ- 2019

Використання теоретико-ігрового підходу для забезпечення якості функціонування (ЗЯФ) людино-машинних систем (ЛМС).	16
<i>ГЕРАСИМЕНКО Л.О., -магістрант гр. ТА-381мп</i>	
<i>Керівник – доцент., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
Використання Machine learning в промисловості	17
<i>ГРИТЧУК Д.Т., -магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник –доц., к.т.н. Степанець О.В.</i>	
Регулювання мікроклімату на базі нечіткої логіки.	18
<i>ДИШЛЮК В.М., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Штіфзон О.Й.</i>	
Адаптивна система регулювання опалення.	19
<i>ДИШЛЮК Р.М., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Штіфзон О.Й.</i>	
Проблематика систем управління бойлерною станцією сміттєспалювального заводу.	20
<i>ДУДНИК С.О., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - викл., к.т.н. Поліщук І.А.</i>	
Системи автоматичного захисту та блокування бойлерної станції сміттєспалювального заводу.	21
<i>ДУДНИК С.О., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - викл., к.т.н. Поліщук І.А.</i>	
Системи автономного енергозабезпечення	22
<i>КОВАЛЬЧУК Д.О., магістрант гр. ТА-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунке О.С.</i>	
Застосування інгібіторів корозії для захисту внутрішньої поверхні резервуарів нафтопродуктів	23
<i>КОВАЛЬЧУК Г.О., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - ст. викл.. Некрашевич О.В.</i>	
Математичні методи Fuzzy-logic контролера для керування технологічними об'єктами керування.	24
<i>КУЗІН М.Ю ,магістрант гр. ТА-81мп.</i>	
<i>Керівник - доцент, к.т.н. Баган Т.Г.</i>	
Система автоматизації енергоефективного приватного будинку.	25
<i>ЛИСАК Д.Ю., магістрант гр. ТА-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Гікало П.В.</i>	
Спосіб регулювання інерційних технологічних параметрів з використанням двоканального нечіткого контролера	26
<i>МЕЛЬНИК К.І., магістрант гр. ТА-81мп</i>	
<i>Керівник - асист. Новіков П.В.</i>	
Математична модель мікроклімату теплиці.	27
<i>ПОЛЄШКО Ю.В., магістрант гр. ТА-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Некрашевич О.В.</i>	
Проблематика впровадження систем автоматизованого обслуговування технологічного обладнання.	28
<i>РЕЗНИК Д.О., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - ст.викл. Поліщук І.А.</i>	
Адаптивна система регулювання параметрів мікроклімату виробничого приміщення із застосуванням нечіткої логіки.	29
<i>СКОВОРОДА Я.В., магістрант гр. ТО-81мп</i>	
<i>Керівник - доц., к.т.н. Бунь В.П.</i>	
Аналіз налаштування регулятора впорску пароохолоджувача.	30
<i>СТРИКАЛЬ О. І., студент гр. зТА-81мп</i>	

АДАПТИВНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ ОПАЛЕННЯ

В Україні на теплопостачання будівель витрачається більше однієї третьої всього видобутого органічного палива. Разом з цим значна кількість теплоти втрачається, як в мережах транспортування, так і за рахунок нераціонального використання. Тому розробка сучасних підходів регулювання в системах опалення залишається актуальною і тепер.

Для вирішення даної проблеми була розроблена структура адаптивної системи регулювання, що наведена далі

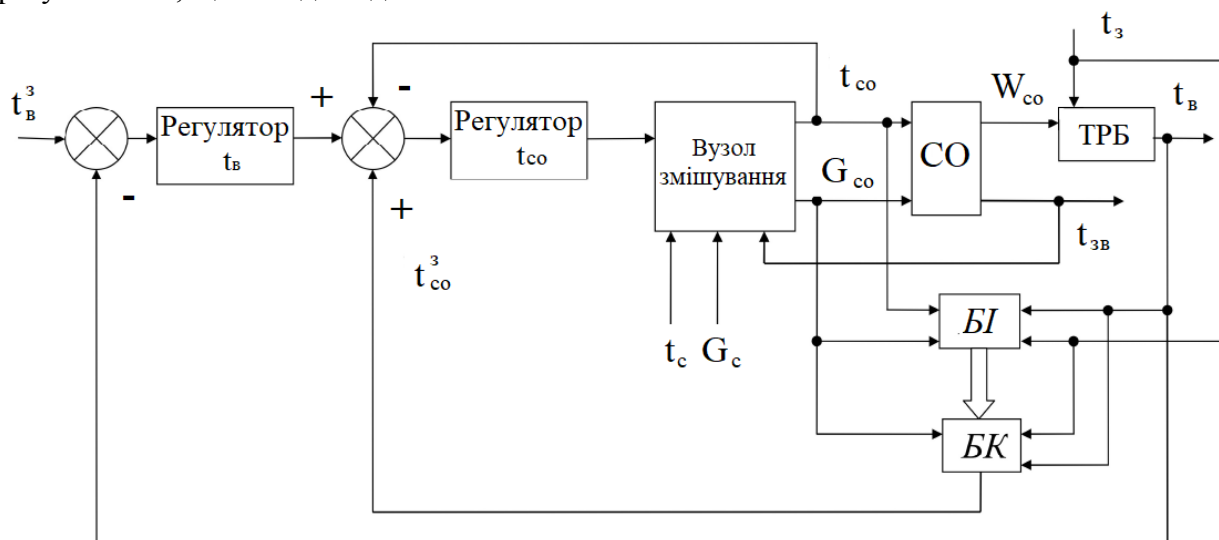


Рис.1 Адаптивна система регулювання опалення

Тут використані наступні позначення: ТРБ - тепловий режим будівлі, СО - система опалення, БІ - блок ідентифікації, БК - блок компенсації, t_B^3 – задане значення температури внутрішнього повітря, t_{CO}^3 - температури води на вході системи опалення, t_3 – температура зовнішнього повітря, t_c і G_c - температура і масова витрата теплоносія з прямого трубопроводу теплової мережі на вузол змішування, t_{3B} і G_{3B} - температура і витрата зворотної води на вузол змішування, G_{CO} - витрата води після вузла змішування, тобто на вході системи опалення.

Слід зауважити, що дана структура системи управління дозволяє досягти гранично високої якості підтримки заданого ТРБ, необхідно лише належне вирішення завдання її параметричної настройки. Тепловтрати конкретного будинку визначаються його ТРБ і температурою зовнішнього повітря, і не залежать від виду системи опалення (водяної, електричної, комбінованої та ін.). Тобто, по теплоті при реалізації заданого ТРБ, економії бути не може в принципі. Проте суттєвої вигоди можна досягнути врахувавши «цінність» або тарифи на різні види енергії. Використавши такий підхід можна додатково досягнути досить суттєвої економії в грошовому вираженні.

Перелік посилань:

1. Зингер, Н.М. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 188 с.
2. Автоматика и автоматизация систем теплогазоснабжения и вентиляции: учеб. для вузов / А.А. Калмаков, Ю.Я. Кувшинов, С.С. Романова, С.А. Щелкунов. – М.: Стройиздат, 1986. – 479 с.